

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ELINTON WEINERT CARNEIRO

**TEORES DE POTÁSSIO, SÓDIO, CLORO E ENXOFRE EM FORRAGENS DE
REBANHOS LEITEIROS COMERCIAIS E INDICADORES DE HIPOCALCEMIA**

CURITIBA

Março/2013

ELINTON WEINERT CARNEIRO

Médico Veterinário

**TEORES DE POTÁSSIO, SÓDIO, CLORO E ENXOFRE EM FORRAGENS DE
REBANHOS LEITEIROS COMERCIAIS E INDICADORES DE HIPOCALCEMIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de Concentração em Nutrição e Alimentação Animal, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador:

Prof. Dr. Patrick Schmidt

Co-Orientador:

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “TEORES DE POTÁSSIO, SÓDIO, CLORO E ENXOFRE EM FORRAGENS DE REBANHOS LEITEIROS COMERCIAIS E INDICADORES DE HIPOCALCEMIA” apresentada pelo Mestrando ELINTON WEINERT CARNEIRO declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou o candidato APROVADO para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 28 de março de 2013.

Professor Dr. Patrick Schmidt
Presidente/Orientador

Professor Dr. Marcos Neves Pereira
Membro

Professor Dr. Rodrigo de Almeida
Membro

Carneiro, Elinton Weinert

Avaliação do impacto dos níveis de potássio em forragens verdes e conservadas sobre o balanço cátion-aniônico das dietas de vacas leiteiras no pré-parto. / Elinton Weinert Carneiro. – Curitiba, 2013.

82 f.

Orientador: Patrick Schmidt.

Co-Orientador: Rodrigo de Almeida

Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

1. Minerais – Níveis 2. Hipocalcemia – Ocorrência 3. Pré-parto – dieta I. Título

DEDICATÓRIA

**Deolinda, minha querida esposa,
grande companheira, minha inspiração,
meu porto seguro, grande responsável por
mais essa conquista. Te amo.**

**João Vítor, Nicolase Betina
Filhos maravilhosos, frutos de um grande amor,
lhes dedico esse trabalho, que foi responsável por períodos
de ausência, mas necessário para o nosso crescimento.**

**Valdir e Elzira
Meus pais queridos. Pai que até hoje
é meu herói, meu orgulho, meu modelo.**

**Waldomiro (in memorian) e Lourdes (in memorian)
Meus avós que nunca esquecerei. Vocês me
mostraram o amor, a compreensão, o caráter,
a vontade de vencer e ser Feliz.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a LUZ DIVINA, a quem denominamos de “DEUS”, pela vida, pela família, por me mostrar o caminho do bem e do conhecimento.

A Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, por me possibilitar realizar esse estudo de aperfeiçoamento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Patrick Schmidt “Patrão”, homem da ciência, caráter impecável, exemplo de pesquisador, incentivador e Professor sempre presente durante todo o mestrado. Patrick, termina essa fase, mas com certeza fica a minha admiração e minha amizade, conte sempre comigo.

Ao meu Co-Orientado, Prof. Dr. Rodrigo de Almeida, a quem eu já admirava antes mesmo de ingressar no mestrado. Mestre, obrigado pela oportunidade da convivência e por compartilhar de seu vasto conhecimento.

A meu ex-aluno e agora quase doutor, Daniel Junges, te agradeço por ter me inspirado e permitido conhecer o Prof. Patrick. Nesse caso o ditado “o que tem que ser será” realmente se efetivou.

Ao colega de mestrado Charles Ortiz Novinski, companheiro de estrada, te agradeço por literalmente me mostrar a UFPR, por dividirmos as ansiedades e muitas conquistas durante todo o mestrado. Conte comigo.

Ao colega e amigo Rodrigo de Souza Costa, pelo apoio e incentivo durante a execução do trabalho. Te agradeço por permitir momentos maravilhosos na grande Poço Fundo/MG junto a sua família. A seu pai pelo cafezinho, doces da região e um agradável bate papo, incentivando o manuseio das amostras coletadas, mesmo com o adiantado da hora.

Ao Laboratório de Iminoquímica do Hospital das Clínicas, através da Kátia e da Patrícia.

A Profa. Rosangela L. Dittrich e ao Olair Beltrame, do Laboratório de Bioquímica da UFPR, campus Agrárias.

Ao Prof. Antonio Carlos Vargas Motta e ao Laboratório de Solos da UFPR, campos Agrárias.

Ao zootecnista e grande amigo Gustavo Tavares pelo agendamento e pelo acompanhamento nas propriedades de Santa Catarina.

Ao Rodrigo Navarro (Arapoti/PR), Huilbert Jansen, Junior, Aldori Corso e Sebastião Madureira (Castrolanda/Castro/PR), pelo suporte às visitas nesses municípios.

Ao Fernando Bracht, pelo empenho junto aos produtores da região de Cascavel/PR.

Aos produtores que abriram suas propriedades para que pudessemos realizar este estudo.

A Tortuga Cia Zootécnica Agrária pelo apoio financeiro e a sua equipe que auxiliou no agendamento e no acompanhamento das visitas em Minas Gerais e São Paulo.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de estudo.

.

Obrigado.

RESUMO GERAL

O efeito da concentração dos minerais potássio, sódio, enxofre e cloro das forragens, interfere no equilíbrio cátion-aniônico das dietas e influencia no metabolismo do cálcio de vacas leiteiras no período pré-parto, podendo provocar diferentes graus de hipocalcemia. Para o manejo nutricional de vacas nesse período, é necessário o conhecimento da concentração desses minerais nas forragens que normalmente são catiônicas, para que sejam tomadas medidas preventivas no controle de sua inclusão ou na adição de aditivos aniônicos em suas dietas.

O presente estudo foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro com o título: **Capítulo I - Teores de potássio, enxofre, cloro e sódio em silagem de milho, utilizada na alimentação de bovinos, em quatro Estados do Brasil.** Foram avaliados os quatro principais minerais envolvidos no equilíbrio cátion-aniônico nas silagens de milho, principal forragem utilizada no pré-parto, em 109 fazendas de cinco regiões em quatro estados do Brasil (Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina).

Capítulo II - Teores de potássio, sódio, cloro e enxofre em forragens de rebanhos leiteiros comerciais e indicadores de hipocalcemia. Foram avaliadas as concentrações desses quatro minerais nas forragens fornecidas a vacas leiteiras no período de pré-parto, com o cálculo das DCAD (diferença catiônica e aniônica da dieta) das forragens e das dietas, aferição do pH de urina das vacas no pré-parto, valores de Ca (cálcio total) e Ca^{++} (cálcio iônico) das vacas no pós-parto em quatro estados do Brasil (Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina), totalizando 53 fazendas leiteiras comerciais.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição de pH dos 383 animais, de 50 fazendas que utilizam sal aniônico, amostrados nos quatro estados brasileiros.....69
- Figura 2.** Distribuição dos valores médios de Ca e Ca^{++} , nos dias 0, 1, 2, 3, 5 e 10 pós-parto na data de coleta, de animais das 50 fazendas que utilizam sal aniônico.....71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Incidência de hipocalcemia clínica e subclínica, citada por seu autores, em diferentes países	28
Tabela 2 -Efeito da hipocalcemia sobre as doenças e o impacto financeiro sobre a atividade leiteira	29
Tabela 3 - Médias (g/kg de MS), desvio padrão, valor mínimo e máximo dos minerais K, Cl, Na e S de 327 amostras de silagem de milho de cinco regiões do Brasil.	49
Tabela 4 - Médias (g/kg de MS) e desvio padrão da DCAD dos minerais em silagens de milho de cinco regiões do Brasil (307 amostras).....	50
Tabela 5 - Médias e desvio padrão da diferença cátiô-aniônica (DCAD - mEq/100 g de MS), valores mínimos e máximos da DCAD de silagens de milho de cinco regiões brasileiras (109 fazendas).....	51
Tabela 6 - Descrição da composição e dados médios produtivos das fazendas amostradas.....	57
Tabela 7 - Parâmetros utilizados para determinação do grau de calcemia em fêmeas leiteiras no período pós-parto.....	61
Tabela 8 - Correlações entre Ca, Ca++ séricos e a DCAD da dieta com os quatro minerais que a compõem (K, Cl, S, Na), Ca, Na e K séricos e a variável dias pós parto.	62
Tabela 9 - Distribuição das raças nas 53 fazendas nos períodos de pré e pós-parto	63
Tabela 10 - Descrição nos quatro estados da percepção de patologias e distúrbios metabólicos frequentes, relatada no questionário realizado nas 53 fazendas amostradas.....	64
Tabela 11 - Composição mineral média (% da MS) dos volumosos das dietas com seus desvios padrão e resultados da DCAD de cada grupo de alimentos nos quatro estados amostrados.	65
Tabela 12 - Teores de cloro (Cl), potássio (K), enxofre (S), sódio (Na) e DCAD médios das dietas em 53 fazendas de quatro estados do Brasil.....	67
Tabela 13 - Valores de pH de urina de 399 vacas no período pré-parto, em quatro estados do Brasil.....	68
Tabela 14 - Distribuição da calcemia através da mensuração do Ca e Ca++, em animais até 10 dias após a parição.....	72
Tabela 15 - Resultado das análises das amostras de água subterrânea das 53 fazendas leiteiras em quatro estados do Brasil.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP – adenosina trifosfato
Ca – cálcio total
Ca⁺⁺ - cálcio iônico
Cl – Cloro
cmolc/dm³ – centimol por decímetro cúbico
CT - calcitonina
dL - decilitro
DCA – diferença cátion-aniônica
DCAD – diferença catiônica e aniônica da dieta
EE – extrato etéreo
FDA – fibra em detergente ácido
FDN – fibra em detergente neutro
g – grama
ha - hectare
K – potássio
kg - quilograma
L – litro
mEq - miliequivalente
mg – miligrama
mL - mililitros
mmol - milimol
MS – matéria seca
Na – sódio
PB - proteína bruta
pH – potencial hidrogeniônico

PTH – paratohormônio

PV – peso vivo

r – coeficiente de correlação

rpm – rotações por minuto

S – enxofre

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Conceito	17
2.2 Metabolismo do cálcio	18
2.2.1 Presença de cálcio nos tecidos e funções	18
2.2.2 Controle do cálcio sanguíneo	19
2.2.3 Controle renal do cálcio	21
2.2.4 Minerais que interferem no metabolismo do cálcio	21
2.2.4.1 Fósforo	22
2.2.4.2 Magnésio	22
2.2.4.3 O potássio (K)	24
2.2.4.3.1 Uso agrônômico do potássio	25
2.2.4.4 Sódio, cloro e enxofre	26
2.3 Epidemiologia, impacto zootécnico e econômico	27
2.4 Etiologia	30
2.5 Fatores predisponentes	31
2.6 Medidas preventivas	32
2.6.1 A água de bebida	35
2.7 Monitoramento preventivo via teste de urina	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
Teores de potássio, enxofre, cloro e sódio em silagem de milho, utilizada na alimentação de bovinos, em quatro Estados do Brasil	43
RESUMO	43
ABSTRACT	44
3. INTRODUÇÃO	45
3.1 MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1.1 Descrição das fazendas	47
3.1.2 Análises	47

3.1.3 Determinação da diferença cátion-aniônica das silagens (DCAD)	48
3.1.4 Análise Estatística	48
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
3.3 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
TEORES DE POTÁSSIO, SÓDIO, CLORO E ENXOFRE EM FORRAGENS DE REBANHOS LEITEIROS COMERCIAIS E INDICADORES DE HIPOCALCEMIA.	54
RESUMO	54
ABSTRACT	55
4. INTRODUÇÃO	56
4.1 Material e métodos	56
4.1.1 Caracterização das fazendas e dos animais	57
4.1.2 Questionário	58
4.1.3. Urina - Aferição de pH	58
4.1.4 Parâmetros sanguíneos: cálcio total (Ca), cálcio iônico (Ca ⁺⁺), potássio (K) e sódio (Na)	58
4.1.5 Amostras de água	59
4.1.6 Amostras de forragens	59
4.1.7 Análises bromatológicas	60
4.1.8 Análise das dietas fornecidas	60
4.1.9 Estratificação da calcemia para interpretação dos resultados	61
4.1.10 Análises estatísticas	61
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.2.1 Questionário	63
4.2.2 Composição Bromatológica das forragens e DCAD	65
4.2.3 Dietas calculadas e DCAD	67
4.2.4 Avaliação de pH de urina	68
4.2.5 Avaliação de Ca, Ca ⁺⁺ no soro sanguíneo	70
4.2.6 Avaliação de K e Na no soro sanguíneo	73
4.2.7 Água de bebida no pré-parto	74
4.3 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	82

1. INTRODUÇÃO GERAL

A atividade leiteira mundial vem passando por inúmeras transformações, necessitando aumentar a sua produtividade, para ser sustentável como negócio e atender a demanda global por alimentos. Diante disso, os rebanhos especializados têm aumentado a sua escala de produção, com uma intensificação da seleção e do manejo, promovendo ganhos em produtividade, mas também gerando um aumento no desafio da capacidade fisiológica da vaca em todas as fases do sistema produtivo.

Concomitantemente, o investimento em tecnologias, melhora a eficiência na produção e produtividade das plantas forrageiras utilizadas na alimentação dos animais. Dentre as práticas utilizadas tem-se dado ênfase a adubação química e/ou orgânica. Esse maior aporte de nutrientes faz com que aumente a exportação dos mesmos através de corte ou pastejo, podendo causar impacto no equilíbrio cátion-aniônico da dieta, principalmente no período pré-parto.

No ciclo produtivo de vacas leiteiras, tem-se uma lactação com uma duração média de 305 dias, com um período de descanso (período seco) em torno de 60 dias. Esse período de descanso é o tempo que a vaca tem para concluir sua gestação, recompor tecidos de reservas corporais e tecido mamário, preparando-se para a próxima lactação. Como nesses 60 dias há uma diferença na demanda nutricional, com queda sensível de consumo nas duas semanas finais, estipulou-se a divisão do período seco em duas fases: fase 1 entre a secagem e 3 semanas antes do parto previsto; fase 2 as últimas 3 semanas antes do parto, denominando-se esse período como pré-parto.

Dessa forma o período pré-parto é considerado um período de transição, um dos momentos mais críticos, onde ocorrem várias alterações anatômicas, com o aumento do conteúdo uterino e redução do espaço da cavidade abdominal; e fisiológicas, provocadas principalmente pelas alterações hormonais, provocando uma queda no consumo de alimentos. Com essa queda de consumo, e com o aumento na demanda nutricional, há grandes chances de que ocorram distúrbios

metabólicos, com consequências no desempenho zootécnico e financeiro das fazendas leiteiras.

Dentre os distúrbios metabólicos de ordem nutricional, podemos citar a hipocalcemia, também conhecida como febre vitular, que apesar de não ser um distúrbio febril, afeta fêmeas leiteiras entre -48 a +72 horas após o parto, com maior ocorrência nas primeiras 24 horas, provocada por um súbito desequilíbrio na regulação de Ca no sangue. Pode apresentar-se sob duas formas, a clínica e a subclínica. A forma clínica é perceptível e exige uma intervenção medicamentosa rápida. Na forma subclínica, os sintomas são menos evidentes, mas deixam as vacas propensas ao desenvolvimento de outras doenças e síndromes.

Diante da prevalência do problema nos rebanhos, ao longo dos anos foram propostos alguns protocolos para o tratamento e estratégias para o controle preventivo. Uma sucessão de trabalhos foi realizada associando o conhecimento científico com técnicas econômicas e viáveis para o emprego à campo. Entre as práticas de controle preventivo, destacam-se o controle cátion-aniônico da dieta no período pré-parto, selecionando os alimentos com menor poder catiônico, e em casos onde isso não é possível, através da utilização de sais aniônicos.

Não há descrição na literatura sobre a incidência da hipocalcemia subclínica no Brasil, mas é relatada com índices entre 30 a 75% em diversos países, o que a torna relevante dentro das afecções metabólicas dos rebanhos leiteiros. ORTOLANI (1995) relata que em nossos rebanhos 4,25% das vacas podem apresentar a hipocalcemia clínica.

Com os dados acima apresentados, e com a incerteza das informações até então disponíveis trabalhadas, este estudo tem como objetivo realizar um levantamento dos quatro principais minerais envolvidos no balanço cátion-aniônico das dietas: Potássio (K), Sódio (Na), Cloro (Cl) e Enxofre (S), em forragens verdes e conservadas

A descrição dos trabalhos realizados será feita em forma de capítulos, sendo:

- Capítulo I – Níveis de Potássio, Enxofre, Cloro e Sódio em silagem de milho, utilizada na alimentação de bovinos, em quatro Estados do Brasil. Este estudo tem como objetivo de se avaliar as concentrações desses quatro

principais elementos nas silagens de milho, é um dos principais volumosos nas dietas de vacas leiteiras.

- Capítulo II - Teores de potássio, sódio, cloro e enxofre em forragens de rebanhos leiteiros comerciais e indicadores de hipocalcemia. Este estudo tem por objetivo avaliar esses quatro macroelementos nas forragens utilizadas no período pré-parto, sua importância sobre as alterações eletrolíticas, estimada através da diferença cátion-aniônica da dieta (DCAD) e seu efeito sobre a ocorrência de hipocalcemia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito

De acordo com SANTOS (1998), a hipocalcemia é uma doença não febril que ocorre geralmente em vacas multíparas durante os primeiros dias após o parto, caracterizada por drástica queda nos níveis sanguíneos de cálcio e cálcio ionizável, o que causa progressiva disfunção neuromuscular com paralisia flácida, colapso circulatório, depressão e até morte se o animal não for tratado a tempo. Durante os últimos dias de gestação e as primeiras semanas de lactação, praticamente toda vaca de leite apresenta algum nível de hipocalcemia, a qual pode ou não se manifestar com sintomas clínicos.

Para HORST et al.(1997), apesar da hipocalcemia clínica ser um grande problema em vacas de leite, a doença subclínica é a que causa os maiores danos e prejuízos, pois essas vacas apresentam menor consumo de MS.

SANTOS (2006) afirma que esse distúrbio já tinha sido descrito na Alemanha em 1793. Já KRONFELD (1980), relata que no início do século XX, mais de 60% dos animais acometidos por hipocalcemia morriam. Entretanto, com a introdução do método de insuflação do úbere, a mortalidade diminuiu para cerca de 15%. A descoberta da hipocalcemia e a introdução da terapia com cálcio contribuíram para o sucesso no tratamento deste distúrbio.

Outro fator importante é que vacas com hipocalcemia estão mais propensas ao desenvolvimento de outras doenças tais como síndrome da vaca caída, retenção de placenta, prolapso de útero, deslocamento de abomaso, pobre desempenho reprodutivo e mastite (CURTIS et al., 1983; RISCO et al., 1984; BEEDE, 1992; OETZEL, 1995).

A incidência maior se dá em rebanhos leiteiros, com potencial produtivo elevado. Segundo CORBELLINI (1998), nos Estados Unidos, em 1975, quando os melhores rebanhos leiteiros produziram em média 6.254 kg de leite com 4% de gordura e 3,1% de proteína, a incidência de hipocalcemia era de 5% das vacas paridas. Em 1993, com vacas produzindo 11.360 kg de leite por lactação de 305

dias, com 3,5 % de gordura e 3,1% de proteína, a incidência de hipocalcemia passou a ser de 8%.

As dietas têm um grande papel no período pré-parto, principalmente pela concentração dos minerais nos volumosos, que interferem no balanço eletrolítico dos animais, como é o caso dos cátions K e Na, assim como os ânions S e Cl. Dietas catiônicas no pré-parto predisõem os animais à hipocalcemia, enquanto as aniônicas tendem a reduzi-la (BLOCK, 1994).

2.2 Metabolismo do cálcio

2.2.1 Presença de cálcio nos tecidos e funções

O Ca é o principal mineral do esqueleto e um dos cátions mais abundantes no organismo, representando cerca de 2% do peso corporal. Aproximadamente 99% do Ca corporal está sob a forma inorgânica no esqueleto, principalmente sob a forma de cristais de hidroxiapatita, o restante (1%) encontra-se no espaço vascular (3 g em vacas leiteiras) e intracelular (membrana e retículo endoplasmático). Cerca de 1% do Ca ósseo é livremente intercambiável com o cálcio do fluido extracelular (HENRY, 1995).

O cálcio sérico, de acordo com SANTOS (2006), está presente em três diferentes formas: a) Ca^{++} (cálcio iônico), o qual está prontamente disponível para as células e é considerado a forma biologicamente ativa do cálcio; b) Ca^{++} , o qual, está também presente associado a albumina; c) complexado na forma de sais de citrato, lactato, fosfato e bicarbonato de cálcio. De todo cálcio do espaço vascular, cerca de 50% a 55% está na forma ionizável, 40% a 45% ligado a albumina e os 5% restantes complexado na forma de sais. O cálcio ligado à albumina é variável conforme o pH do sangue, sendo que um pH mais ácido reduz a afinidade do Ca à albumina, já que os pontos de ligação na molécula de albumina são então ocupados por H^+ .

EI-SAMAD et. al. (2011) descreve que os sais de cálcio têm a função de manter a integridade da estrutura do esqueleto, e os íons de cálcio estão nos fluidos intracelular e extracelular, sendo um instrumento de controle de um grande número de processos bioquímicos. De fato, enquanto os íons de cálcio intracelular são

necessários na atividade de um grande número de enzimas e também estão envolvidos na transmissão de informações desde a superfície até o interior da célula, os íons na porção extracelular são necessários para a excitabilidade neuromuscular, coagulação do sangue e secreção hormonal, entre muitas outras funções.

Em ruminantes domésticos, a concentração de cálcio total (Ca) e cálcio iônico (Ca^{++}) devem ser mantidas no soro ou plasma sanguíneo com os valores entre 8,5 a 11,5 mg/dL, e 4,5 a 5,5 mg/dL respectivamente (SANTOS, 2006; JAWOR et al, 2012; GOFF e HORST, 1997). Mais importante que a concentração de Ca é a concentração de Ca^{++} , já que essa é a forma biologicamente ativa do cálcio (SANTOS, 2006). Em sua metanálise CHARBONNEAU et al (2006), utilizaram 22 publicações, e verificaram que as vacas em lactação apresentaram uma média de Ca de 8,76 e Ca^{++} de 4,76 mg/dL; já ao parto Ca 7,46 e Ca^{++} 4,17 mg/dL, mostrando aproximação nos resultados entre os diversos autores.

Quando os valores de cálcio sérico estão reduzidos (hipocalcemia), inicialmente provocam excitação no sistema nervoso, com contrações musculares tetânicas, verificadas durante o primeiro estágio da hipocalcemia. Com a evolução do quadro, há uma diminuição da liberação de acetilcolina, devido à baixa concentração de cálcio na junção neuromuscular, o que resultará em paralisia. A interação entre a actina e a miosina, responsável pela contração muscular, também estará prejudicada pelo déficit de cálcio (OGILVIE, 2000).

2.2.2 Controle do cálcio sanguíneo

Os níveis de cálcio sérico no organismo são mantidos através da interação do paratormônio (PTH), da calcitonina (CT) e a forma ativa da vitamina D (JONES et al., 2000). Vários hormônios como cortisol, tiroxina, estradiol, hormônio do crescimento e andrógenos podem também interagir no mecanismo homeostático do cálcio (LUCA et al., 1972).

Os níveis de Ca no organismo são controlados, tanto por células *Chief* da paratireóide, quanto as células C ou parafoliculares da glândula tireóide, que são responsivos às concentrações de Ca^{++} no sangue, (SANTOS, 2006). Esses receptores na membrana celular de suas respectivas células são capazes de

perceber se concentrações de Ca^{++} no sangue estão adequadas ou não e, se necessário, ativar os mecanismos de síntese de PTH ou calcitonina.

Quando há um decréscimo de Ca plasmático, a paratireóide é estimulada a secretar o PTH. Este hormônio ativa a enzima renal 1α hidroxilase, a qual catalisa a transformação de 25-hidroxi-colecalciferol em $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$, um metabólito muito mais potente que o anterior. A vitamina D pode ser ingerida sob a forma vegetal, o ergocalciferol (D_2) ou sob a forma animal, o colecalciferol (D_3), ou ainda ser sintetizada na epiderme a partir do 7-dehidro-colesterol (DUKES, 1996). Após potencializada, essa vitamina irá promover o aumento de síntese de RNA mensageiro, estimulando a produção de proteína-carreadora de cálcio junto aos enterócitos (RUDE, 1998).

Após o estímulo da proteína-carreadora, a absorção de Ca ocorre principalmente no intestino delgado do trato digestório de ruminantes, apesar de também ocorrer alguma absorção no rúmen, no ceco e no cólon. A passagem pelo abomaso e início do duodeno, promove uma queda de pH da ingesta, fazendo com que o Ca saponificado no rúmen e retículo, seja liberado e fique na forma de Ca^{++} , disponível para a absorção intestinal (SANTOS, 2006).

Para LUCA et al. (1972), a quantidade absorvida de cálcio depende de vários fatores: concentração na dieta; fonte e biodisponibilidade de cálcio; pH intestinal (sendo facilitada por baixo pH); presença de ácidos orgânicos (lático, fítico, cítrico); níveis séricos de cálcio e fósforo; presença de certos minerais (ferro, alumínio, magnésio, manganês, que em excesso induzem a formação de fosfatos insolúveis diminuindo a absorção); gordura da dieta (baixos níveis melhoram a absorção); e concentração de vitamina D sérica e da dieta.

Já nos ossos, a $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ atuará aumentando a atividade dos osteoclastos, através de suas enzimas e sob um pH ácido localizado, acelerando a liberação de minerais como Ca, P e Mg que fazem parte da hidróxiapatita, além de liberarem componentes orgânicos como hidróxirolina. Esses componentes minerais e orgânicos são fagocitados pelos osteoclastos e transportados em vesículas para o compartimento extracelular e chegam até os capilares e, finalmente, aos vasos sanguíneos (SANTOS, 2006).

O aumento e estabilização na concentração de Ca^{++} no sangue, ocorre inibição na síntese de PTH. Aumentos na concentração de Ca^{++} são percebidos pelos receptores das células parafoliculares da tireóide, as quais sintetizam e liberam calcitonina. Esta por sua vez, inibe diretamente a ação dos osteoclastos na reabsorção óssea e aumenta a excreção renal de Ca, o que reduz o influxo de Ca do tecido ósseo, aumenta a perda de Ca na urina e restabelece as concentrações sanguíneas, evitando assim hipercalcemia (SANTOS, 2006).

Com relação ao Ca dietético, o mesmo autor relata que o Ca proveniente de forragens é de menor disponibilidade, pois o Ca em alfafa e silagem de milho é considerado como 30 a 60% disponível, respectivamente, em relação ao Ca de fontes minerais (60% a 90%).

2.2.3 Controle renal do cálcio

O PTH tem influencia direta sobre os rins, sendo este um dos primeiros processos a ser ativado (CANTAROW et al., 1968). Um aumento na concentração de PTH leva ao aumento na excreção de fosfato, diminuindo sua concentração a nível plasmático, acarretando aumento da relação cálcio:fósforo. Nos túbulos contorcidos proximais do rim há inibição da reabsorção de fosfato e nos túbulos contorcidos distais e ductos coletores há aumento na reabsorção de cálcio.

Cerca de 90% do cálcio filtrado no glomérulo renal é reabsorvido nos túbulos renais proximais, nas alças de Henle e nos túbulos distais iniciais. O restante pode ser reabsorvido nos ductos coletores de forma seletiva e dependente da concentração de cálcio sérico. Em casos de hipocalcemia, ocorre grande reabsorção de cálcio nos ductos coletores, diminuindo a excreção de cálcio via urina (GUYTON et al., 2002)

2.2.4 Minerais que interferem no metabolismo do cálcio

Os minerais exercem grande papel na dieta dos animais, não apenas pelos níveis de exigência, mas pelo seu balanço que pode alterar o equilíbrio ácido-básico, com efeito no metabolismo do cálcio principalmente no período pré-parto de vacas leiteiras. De acordo com BLOCK (1994), o sódio, o potássio e o cloreto são

denominados íons fixos, por estarem biodisponíveis mas não serem metabolizados, contribuindo com cargas positivas e negativas. O enxofre, não é um íon fixo, porém sua inclusão em dietas na forma de sulfatos acidificam os fluidos, alterando o equilíbrio ácido básico. Para MONGIN (1981) os íons cálcio, magnésio e fosfatos têm menor influência no balanço ácido-básico fisiológico.

2.2.4.1 Fósforo

Segundo REINHARDT et al (1988), o fósforo é um componente essencial do sistema tampão ácido-base. É o segundo elemento em importância, somente ficando atrás do Ca, como um componente mineral do osso.

Cálcio, fósforo e vitamina D apresentam sinergia uma vez que 80% do P associam-se ao cálcio na forma de hidróxiapatita e a vitamina D incrementa a absorção intestinal do Ca e P da dieta (HADDAD, 2008).

O PTH, secretado durante períodos de estresse de Ca, aumenta a excreção renal e salivar de P, que pode ser prejudicial para a manutenção das concentrações sanguíneas normais de P. Esta é a razão provável que os animais tendem a se tornar hipocalcêmicos e hipofosfatêmicos (GOFF, 2006).

Segundo GOFF (2009), quando os níveis séricos de fósforo ultrapassam 2 mmol/L ou quando se fornece acima 90 g/dia na dieta, há uma tendência de se elevar a incidência de hipocalcemia, por inibir a atividade da enzima renal 1 α hidroxilase a nível renal, a qual converte o 25-hidróxivitamina D na forma potencializada 1,25-dihidróxivitamina D. Em LEAN et al. (2006) o aumento da inclusão de 0,3 para 0,4% de fósforo na dieta pré-parto eleva o risco de hipocalcemia em 18%.

2.2.4.2 Magnésio

O mecanismo de transporte ativo para a absorção do magnésio (Mg) através da parede ruminal é fundamental para a sobrevivência do animal quando a concentração de Mg na dieta é inferior a 2,5 g/kg de MS. Infelizmente existem vários fatores conhecidos, tais como K na dieta, e vários fatores desconhecidos que

impedem a absorção de Mg de forma eficiente por esta via (MARTENS e SCHWEIGEL, 2000).

A absorção de Mg no rúmen é dependente da concentração de Mg em solução no líquido ruminal e da integridade do mecanismo de transporte de Mg, que é um processo de transporte ativo associado ao Na (MARTENS e GABEL, 1986). O nível mínimo de Mg necessário na dieta, em face aos elevados níveis de K em ruminantes é de aproximadamente 3,5 g/kg de MS (RAM et al., 1998). O Mg na dieta das vacas secas e no início da lactação, deve estar entre 3,5 e 4 g/kg de MS como segurança, prevendo a possibilidade de que o transporte ativo de processos de absorção de Mg seja deficiente nesse período.

GOFF (2006) afirma que o Mg é um importante cátion intracelular, cofator necessário para reações enzimáticas vitais para as principais vias metabólicas. O Mg extracelular é essencial para a condução nervosa normal, função muscular e formação óssea. Em vacas a concentração plasmática de Mg é normalmente entre 1,8 e 2,4 mg/dl (0,75 e 1,0 mmol/L).

Hipomagnesemia afeta o metabolismo de cálcio de duas maneiras: (1) através da redução na secreção de PTH, em resposta à hipocalcemia; e (2) pela redução da sensibilidade dos tecidos renal e ósseo ao PTH, devido a não ativação nessas células do complexo adenilato ciclase e fosfolipase C, bloqueando a produção do AMP cíclico. A secreção de PTH é normalmente aumentada consideravelmente em resposta, mesmo com uma ligeira diminuição da concentração sanguínea de cálcio. No entanto, a hipomagnesemia pode diminuir essa resposta. Evidências de campo sugerem que o Mg no sangue em concentrações abaixo de 0,65 mmol/L no peri-parto, aumenta a susceptibilidade de vacas a hipocalcemia (GOFF, 2006). Segundo LEAN et al. (2006) existe uma forte associação entre altas concentrações de Mg e baixa incidência de hipocalcemia, sendo que se elevar a concentração de 0,3 para 0,4 % na MS da dieta, o risco de hipocalcemia diminui em aproximadamente 62%.

2.2.4.3 O potássio (K)

O K da dieta é absorvido através do trato intestinal, sendo os rins reponsáveis pela excreção de qualquer excesso. A excreção renal de K é controlada pela aldosterona, que aumenta a excreção em troca de íons de sódio. A elevada concentração arterial de potássio (hipercalemia) pode estimular diretamente a secreção de aldosterona pelas glândulas supra-renais. Entretanto, a redução no volume de sódio plasmático, é um gatilho mais potente para a secreção de aldosterona. A aldosterona também pode aumentar a secreção gastrointestinal de K via saliva e secreções pancreáticas, que podem ajudar os rins na prevenção de hipercalemia (GOFF, 2006).

O metabolismo de K em vacas é pouco pesquisado, porém, vários autores comentam de que o elemento é tão abundante em rações e pastagens que geralmente é considerado como um elemento útil, mas não um nutriente limitante. O quadro mudou um pouco nos últimos anos mas os problemas nutricionais apresentados pelo potássio comumente envolvem o excesso e não de deficiências.

Segundo GOFF (2006), concentração de potássio extracelular é normalmente 3,9-5,8 mmol/L e esse desempenha um papel vital no equilíbrio osmótico e manutenção do equilíbrio ácido-base. O K intracelular é um co-fator de enzimas envolvidas na síntese de proteínas e metabolismo de carboidratos, tendo um papel importante no equilíbrio osmótico intracelular e ácido-base. É importante ressaltar que o K na dieta pode entrar no fluido extracelular muito rapidamente após a refeição, enquanto o rim vai levar várias horas para excretar o seu excesso. Outro mecanismo é necessário para evitar hipercalemia após a refeição. Este mecanismo envolve a mudança de K extracelular para fluidos intracelulares (GOFF, 2006).

Em ruminantes o potássio é o cátion principal em suor, possivelmente devido à alta relação K:Na em sua dieta natural. As perdas desse elemento aumentam com a temperatura ambiente e é maior em *Bos indicus* do que em *Bos taurus*. Em UNDERWOOD (1999), o potássio também é o cation principal secretado no leite (36 e 21 mmol/L em ovinos e bovinos, respectivamente), sendo as concentrações não refletem a ingestão de potássio na dieta, mas declinam ligeiramente durante a sua privação severa.

Reduzir K na dieta da vaca no final da gestação é difícil, pois todas as plantas têm necessidade de uma certa quantidade desse mineral e acumulam K

para obter o crescimento máximo. O milho é uma gramínea de estação quente, que tende a conter apenas 11-15 g de K/kg de MS. É difícil encontrar em outras forrageiras esta baixa concentração de K (GOFF, 2006).

2.2.4.3.1 Uso agronômico do potássio

As concentrações de K são influenciadas pela disponibilidade do potássio no solo, a espécie de planta, maturidade e como as culturas forrageiras são conduzidas, pensando principalmente em adubações. Segundo MALAVOLTA (1980) o potássio é o segundo mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais. Este nutriente tem alta mobilidade na planta, em qualquer nível de concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema e floema.

Para UNDERWOOD (1999), espécies de gramíneas de estação fria, como o azevém (*Lolium perene*) tendem a manter altas concentrações de K, já leguminosas tropicais têm níveis mais baixos do que leguminosas de clima temperado. O autor comenta ainda de que os níveis de K na planta estão correlacionados com os níveis do elemento no solo.

Pelo aumento das produtividades em plantas para fins forrageiros ou para produção comercial de grãos, cada vez mais se tem ajustado a adubação orgânica e química das culturas. MARTIN et al (2011) mencionam que quando foram comparados os efeitos da adubação com K vs. nitrogênio e fósforo na cultura do milho, a produtividade média foi de 5.672 kg/ha (folhas e colmo) e 3.892 kg/ha respectivamente.

Normalmente em grandes produtividades de forragens, o valor médio disponibilizado para as plantas, excede o necessário para a boa produção e reflete a entrada excessiva de K dos fertilizantes químicos e adubações orgânicas através dos dejetos animais (MARTIN et al., 2011). Esses autores verificaram que quando o milho foi colhido para silagem de planta inteira, com alturas de 20 ou 40 cm, a extração de K foi de 52,95 a 74,05 e entre 47,5 a 59,06 kg/ha para as duas alturas de corte respectivamente. Grande parte do K está na porção estrutural da planta, ou seja, na palha (colmo e folhas), variando entre plantas, e quando são colhidas inteiras através de corte para ensilagem, extraímos um volume elevado de K.

Em seu experimento com festuca SWIFT et al (2007) observaram que o aumento da taxa de uso do fertilizante KCl (cloreto de potássio) aumentou o índice

DCAD pelo aumento crescente da concentração de K na forragem. A aplicação de KCl vs K_2SO_4 (sulfato de potássio) alterou as concentrações de Cl e S em amostras de festuca. A DCAD foi menor quando adubada com K_2SO_4 devido ao grande aumento na concentração do S. Outros fertilizantes comerciais contendo Cl e S também podem ser utilizados para aumentar as concentrações de S e Cl nas forragens. Segundo esses autores, a DCAD pode ser manipulado por escolha da variedade da forragem, pela formulação do fertilizante e pela taxa de aplicação do fertilizante.

Para GOFF (2006), a maioria dos produtores está consciente da necessidade de fornecimento de forragens com baixo K em rações de vacas no pré-parto. No entanto, devem ter em conta que as forragens absorvem o Cl a partir do solo, sendo possível encontrar fenos com baixo K e alto Cl (10-12 g/kg DM). Os produtores devem utilizar a forragem com a menor diferença cátion-aniônica (DCAD) possível, e não simplesmente a forragem com menor K.

2.2.4.4 Sódio, cloro e enxofre

As concentrações de sódio no plasma sanguíneo e na saliva é de 150 e 160-180 mEq/L. A concentração encontrada no leite é de 25 e 30 mEq/l, que se eleva durante a mastite pelo extravazamento de soro no leite. Está associado principalmente com o cloro e o bicarbonato na regulação ácido-base. Existe uma sincronia entre a excreção de sódio, potássio e cloretos, mantendo as relações de íons fortes. O sódio e o potássio estão envolvidos na homeostasia dos fluidos e eletrólitos do organismo, estando presente principalmente na forma de cloretos (NRC, 2001).

O cloro, encontrado na forma de cloreto é absorvido principalmente no intestino delgado e em menor proporção no rúmen, sendo excretado como sal na urina, nas fezes e suor (McDOWELL, 1992). O seu metabolismo e excreção é dependente de sua relação com o sódio, mantendo uma eletroneutralidade. É o principal ânion do organismo e está envolvido na regulação da pressão osmótica. É essencial para o transporte de dióxido de carbono e oxigênio; principal ânion na secreções gástricas para a digestão de proteínas; é necessário para a ativação de amilase pancreática (NRC, 2001).

Segundo ANDRIGUETTO (2002) as forragens verdes são geralmente mais pobres que os alimentos concentrados em cloro e sódio (que são tóxicos para as plantas quando em altas concentrações), porém ricas em potássio, exigindo a atenção sobre a relação sódio/potássio. Esses dois elementos são parcialmente eliminados pelas fezes e urina, contribuindo para o aumento desses elementos nas áreas utilizadas de forma intensiva.

O enxofre apresenta menor disponibilidade em relação aos íons sódio, potássio e cloro. Segundo HORST et al. (1997) no final da gestação a eficiência de absorção pode ser próxima de 20%, tornando-o menos ativo como agente acidificante. Para TUCKER et al. (1991) dentro de uma variação de 0 a 300 mEq/kg de MS da dieta, o efeito do S no equilíbrio ácido-base de vacas em lactação foi similar ao do cloro.

2.3 Epidemiologia, impacto zootécnico e econômico

A hipocalcemia é uma afecção cosmopolita, descrita em vários países (Tabela 1), sob as formas clínica e subclínica, apresentando valores mais elevados em todas as citações para a hipocalcemia subclínica. De acordo com MARKUSFELD, (1990) e GUARD (1996) a ocorrência dessa doença metabólica está associada a significativos prejuízos para a atividade leiteira, mas geralmente o produtor não percebe o impacto negativo até que se tornem evidentes, com a apresentação de vários casos clínicos

Os principais prejuízos associados à ocorrência de hipocalcemia devem-se à redução da vida produtiva dos animais, gastos com tratamentos, descartes prematuros, diminuição da produção de leite e dos índices reprodutivos e, eventualmente, morte (GUARD, 1996; REBHUN, 2000). A hipocalcemia é uma doença de importância econômica e pode reduzir a vida produtiva de uma vaca leiteira por 3,4 anos (HORST, 1997). Concomitantemente, há uma maior susceptibilidade a problemas sanitários secundários (principalmente metrites e mastites) devidos, principalmente, à elevada concentração de cortisol no plasma, que deprime a resposta imunológica do animal (CURTIS et al, 1984).

Segundo NOGUEIRA (2010) em um levantamento realizado nos EUA em 2002, em mais de 1.400 vacas leiteiras, 25, 42 e 53% das vacas com 1, 2 e 3 lactações, respectivamente, apresentaram níveis de cálcio no sangue abaixo de 8 mg/dL.

Em CORBELLINI (1998), estudos epidemiológicos realizados pela Universidade de Cornell (USA) demonstraram que as vacas com hipocalcemia clínica ao parto têm 3,1 vezes mais probabilidades de sofrer de prolapso uterino, 5,4 vezes mais de mastite clínica, 7,2 vezes mais de distocias e 5,7 vezes mais de sofrer retenção de placenta, que os animais normais. Já em DUFFIELD (2000), citado por ORTOLANI (2009), além de a hipocalcemia provocar alta letalidade, atingindo até 75% nos animais não tratados o surgimento desta enfermidade pode aumentar o fator de risco (FR) de outras doenças como a retenção de membranas fetais (FR=4,33 x), mamite (FR= 5,4 x); deslocamento do abomaso (FR= 6,0 x); e a cetose (FR= 23,4 x).

Tabela 1 Incidência de hipocalcemia clínica e subclínica, citada por seu autores, em diferentes países.

Autor	Hipocalcemia Clínica (%)	Hipocalcemia Subclínica (%)	Local
ORTOLANI (1995)	0,5 a 5	-	Brasil
CORBELLINI (1998)	6,3	-	Argentina
MOORE et al. (2000)	8	70	Estados Unidos
SANTOS (2013)	-	75	Estados Unidos
CASTRO (2003)	5 a 6	50	Estados Unidos
HUTJENS (2003)	3 a 6	60	Estados Unidos
HORST et al (2003)	5	50	Estados Unidos
ROCHE (2003)	5	33	Nova Zelândia
SANTOS (2006)	3 a 15	50	-
GOFF (2009)	5	50	Estados Unidos

Esses riscos, segundo GOFF (1997), se devem a queda na motilidade do rúmen e abomaso com aumento do risco de deslocamento do abomaso; redução no consumo de ração, promovendo uma maior mobilização de gordura corporal no início da lactação, aumentando o risco de cetose; redução da contração muscular, incluindo o esfíncter do teto responsável pelo fechamento do orifício após a ordenha,

aumentando assim o risco de mastite; e também pode aumentar a incidência de retenção de placenta, pela diminuição de contrações uterinas.

As pesquisas deram ênfase para a relação entre o cálcio, sistema muscular e controle nervoso. NOGUEIRA (2010) comenta a relação entre os níveis de cálcio e o sistema imunológico, o qual tem ação de mensageiro na ativação celular precoce. Se, no início de lactação, há uma queda sérica de cálcio, isso reflete também ao nível intracelular do sistema imunológico, diminuindo a resposta imune. Isso pode ajudar a explicar porque o parto e o início da lactação em vacas está associada com aumento da susceptibilidade a doenças como a mastite, doença de Johne e salmonelose.

HOLCOMB et al. (2001) destacam que a ocorrência dessas enfermidades pode diminuir o pico de produção de leite em 5 a 10 kg ao dia, totalizando 1.000 a 2.000 kg de leite a menos na lactação. Mas, infelizmente, os prejuízos não param por aí, pois as doenças afetam os índices reprodutivos e a taxa de descarte do plantel. Já BLOCK (1984) relata que os animais com hipocalcemia clínica reduzem a produção na lactação iniciada em 14%, comparando-se com vacas não hipocalcemicas.

Tabela 2 -Efeito da hipocalcemia sobre as doenças e o impacto financeiro sobre a atividade leiteira.

Doença	Custo US\$	Morte (%)	Abatidos (%)	Perda/leite kg	Dias abertos	Associação com hipocalcemia (maior risco)
Hipocalcemia	334	8	12	1100	5	-
Cetose	145	1	5	440	-	8,9
RP ¹	285	1	18	750	19	2,8
DA ²	340	2	10	840	6	3,4

¹ Retenção de placenta.

² Deslocamento de abomaso.

Fonte: Adaptado de HUTJENS (2003).

HORST, GOFF e McCLUSKEY (2003), relatam que os prejuízos causados por esta enfermidade ultrapassem a casa dos 20 milhões de dólares anuais, e estima-se que sejam gastos acima de 10 milhões de dólares somente com medicamentos. Em um relato de GUARD (1996), o impacto econômico da hipocalcemia nos EUA é de US\$ 334 por vaca, muito próximo do proposto no Reino

Unido, de US\$ 352 por animal acometido (CORBELLINI, 1998). Esses custos foram provocados por perdas diretas, como perda em produção de leite, problemas reprodutivos, descartes e morte. HUTJENS (2003), complementa e demonstra (Tabela 2) a correlação de outras doenças metabólicas ocorridas no pós-parto, com a hipocalcemia e o impacto sobre o desempenho econômico e zootécnico dos animais

2.4 Etiologia

Para CORBELLINI (1998), a hipocalcemia não é uma verdadeira deficiência de cálcio, mas essencialmente um aumento na intensidade e duração da hipocalcemia fisiológica que toda vaca leiteira de alto potencial genético de produção sofre ao parto e que se reflete na necessidade de uma mudança de fluxo de Ca através dos distintos compartimentos corporais nos quais atua este mineral.

O fator desencadeante está na concentração de cálcio no colostro que é quase duas vezes superior a concentração no leite. Logo após o parto, uma vaca produzindo cerca de 10 kg de colostro por ordenha irá eliminar cerca de 23 g de cálcio numa única ordenha. Isso representa cerca de 8 a 10 vezes a quantidade total de cálcio sanguíneo numa vaca de 600 kg. Essa súbita demanda por cálcio faz com que praticamente toda vaca de leite passe por períodos de hipocalcemia subclínica pós-parto (SANTOS, 1998).

O escasso tempo disponível e o fato de ocorrer diminuição do consumo voluntário no período de transição, implicam que seja a reabsorção óssea o principal mecanismo compensador no periparto e a base fisiológica da estratégia de controle da doença (CORBELLINI, 1988).

Para GOFF e HORST (1997) uma vaca é considerada com hipocalcemia clínica quando a concentração de Ca está abaixo de 5,5 mg/dL (1,37 mmol/L). A hipocalcemia subclínica foi descrita pela concentração de Ca menor do que 7,5 mg/dL (1,8 mmol/L) (GOFF e HORST, 1998; JAWOR et al, 2012) ou concentração de Ca^{++} menor do que 4,0 mg/dL (BEEDE et al., 1992).

Segundo SANTOS (2006), o balanço cátion-aniônico é tido como o principal fator etiológico da hipocalcemia em vacas leiteiras. Quando há predomínio

da absorção de cátions ou ânions, o animal apresenta uma pequena alcalose ou acidose metabólica consecutivamente. Em pH mais alcalino, a atividade do PTH é reduzida, causando uma menor atividade dos osteoclastos e uma maior atividade dos osteoblastos. Com isso a reabsorção óssea é menor e a capacidade do animal em reajustar a concentração de Ca no sangue é comprometida.

Essa redução do PTH também influencia na não ativação da vitamina D, o que reduz a absorção intestinal do Ca (LUCA et al., 1972), através do seu transporte ativo pela membrana dos enterócitos, mediado pelas proteínas ligadoras de Ca e a cálcio-ATPase (DUKES, 1996).

Em dietas com altos níveis de Ca ocorre uma reversão no metabolismo da vitamina D, havendo uma redução na síntese de $1,25-(OH)_2D_3$ e um aumento na concentração de 25-hidróxicolecalciferol no sangue, com redução na absorção intestinal de cálcio (DUKES, 1996). A reversão de todos estes mecanismos de regulação da homeostasia do Ca sérico não ocorre rapidamente, levando dias para serem ativados e inibidos (LUCCI, 1997).

2.5 Fatores predisponentes

A ordem de parto é um fator predisponente importante na ocorrência da hipocalcemia, que segundo HORST et al. (1997) vacas mais velhas apresentam um declínio no transporte ativo de Ca no intestino, produção inadequada de $1,25 (OH)_2D_3$, queda no número de receptores para $1,25 (OH)_2D_3$. Outro fator importante destacado por SANTOS (2006) é a queda do número de osteoclastos ativos no tecido ósseo em vacas mais velhas, o que reduz a reabsorção de Ca dos ossos.

HORST et al. (1997), demonstraram que a C24-hidroxilase, uma enzima que inativa a $1,25 (OH)_2D_3$, aumenta dramaticamente na vaca mais velha. Para REBHUN (1999), vacas multíparas da 3ª a 6ª lactações produzem mais colostro que novilhas e vacas de segunda cria, o que leva a uma maior perda de cálcio nos primeiros dias de lactação.

Quanto a raça, observa-se que a Jersey apresenta maior incidência da doença, em parte pela maior concentração de Ca no colostro, mas também por possuir menos receptores para vitamina D_3 nas células intestinais que vacas da raça Holandesa (SANTOS, 2006; ORTOLANI, 1995).

Do ponto de vista nutricional, vacas que apresentam hipocalcemia subclínica têm menor consumo de matéria seca (MS) no pré-parto (HORST et al., 1997). Há uma alta correlação entre consumo de matéria seca pré e pós-parto. Vacas que apresentam alto consumo de alimento pré-parto são as que têm maiores consumos de MS nas primeiras semanas de lactação e, portanto, menos propensas a distúrbios metabólicos (SANTOS, 1998).

Para GOFF e HORST (1997) e SANTOS (2006), outro ponto importante ligado a nutrição e a homeostase de cálcio é o balanço cátion-aniônico da vaca nesse período, onde segundo GOFF (2009), a grande oferta do cátion K nas dietas, é a principal causa da alcalose metabólica. Complementando, CORBELLINI (1998) observou que o uso de fertilizantes nitrogenados e cortes precoces das pastagens, têm aumentado as concentrações de K nessas forragens, elevando os riscos de hipocalcemia.

2.6 Medidas preventivas

Vários métodos foram utilizados na tentativa de controlar a hipocalcemia, sendo a manipulação da dieta a forma que apresentou maior eficiência.

SANTOS (1998) descreve que há alguns anos o principal método para prevenção de hipocalcemia pós-parto era o fornecimento de dietas com baixos níveis de cálcio (< 50 g/d) durante as últimas semanas de gestação. Entretanto para GOFF e HORST (1997) novos estudos demonstraram que o principal fator que afeta os níveis séricos de cálcio frente a grande demanda por esse elemento para síntese de colostro, é o balanço cátion-aniônico da vaca nesse período, o qual é pouco influenciado pelos níveis de cálcio na dieta.

Para a manutenção de um pH dentro de seus valores fisiológicos, o organismo animal apresenta três sistemas de controle compensatórios: a) sistema tampão do sangue (bicarbonato, ácido carbônico); b) sistema respiratório; c) excreção e reabsorção nos rins (CUNNINGHAM, 1999).

Durante a última década, houve um interesse renovado e pesquisas sobre o uso de ânions dietéticos no controle da hipocalcemia. Uma consequência desta pesquisa foi a constatação da importância do teor de K da dieta. Para HORST et al (1997), esse conhecimento expandiu a compreensão da patogênese da

hipocalcemia e chamou a atenção para a investigação destinada a estudar métodos para neutralizar os efeitos negativos do excesso de K principalmente das forragens na incidência da hipocalcemia.

Segundo o NRC (2001), apesar de qualquer mineral com carga positiva ou negativa poder afetar o balanço cátion-aniônico, utilizam-se aqueles que apresentam maior taxa de absorção no trato digestivo e maior concentração de cargas em miliequivalente. Dentre eles, Na^+ e K^+ são os principais cátions e S^{2-} e Cl^- os principais ânions. O sódio, cloro e potássio são absorvidos com mais de 90% de eficiência, enquanto que o enxofre 60%. Outros minerais como cálcio, magnésio e fósforo também podem influenciar o balanço cátion-aniônico, mas devido a menor taxa de absorção desses elementos, eles geralmente não são considerados nas equações para cálculo do balanço cátion-aniônico da dieta.

GOFF e HORST (1997) constataram que a redução no K da dieta para 1,1% da MS foi suficiente para prevenir a hipocalcemia clínica em vacas multíparas Jersey, no entanto, não houve redução da incidência de hipocalcemia subclínica.

Em sua metanálise LEAN et al. (2006) descrevem algumas equações utilizadas para o balanço cátion-aniônico das dietas no pré-parto:

- 1- $\text{DCAD} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$
- 2- $\text{DCAD} = (0,38 \text{ Ca}^{+2} + 0,3 \text{ Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})$
- 3- $\text{DCAD} = (0,15 \text{ Ca}^{+2} + 0,15 \text{ Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,25 \text{ S}^{2-} + 0,5 \text{ P}^{-3})$
- 4- $\text{DCAD} = (0,38 \text{ Ca}^{+2} + 0,3 \text{ Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,6 \text{ S}^{2-} + \text{P}^{-3})$

Alguns questionamentos foram propostos por LEAN et al. (2006) quanto a inclusão do cálcio, magnésio e fósforo nas equações acima citadas, onde o aumento da concentração de magnésio reduz significativamente o risco de hipocalcemia, porém aumenta a DCAD da dieta; e o aumento da concentração de fósforo, aumenta os riscos de hipocalcemia, em contraste com o efeito previsto na equação do DCAD. Quanto ao aumento da concentração cálcio nas dietas do pré-parto, não está bem claro seu efeito na prevenção da hipocalcemia. Diante do exposto, a fórmula número 1 tem sido mais indicada para o cálculo da DCAD.

Para o NRC (2001) deve-se procurar o ajuste da diferença cátion-aniônico da dieta (DCAD) calculada como $[(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})]$, para prevenir

uma alcalose e induzir uma acidose metabólica compensada. HORST et al. (1997) sugerem que a correção da alcalose poderia evitar a alteração na conformação do receptor do PTH na célula óssea facilitando a mobilização de cálcio do osso.

Grande parte dos alimentos usuais são catiônicos, como por exemplo, o feno de alfafa (+ 431), o capim napier (+ 349), a silagem de milho (+156) e o farelo de soja (+266 mEq/kg de MS), devendo-se evitar ou restringi-los no período pré-parto, em especial aqueles com mais de + 400 mEq/kg de MS (ORTOLANI, 1995).

A DCAD ótima para vacas pré-parto parece ser entre 0 e -10 mEq/100 g de MS (SANCHEZ, 1999); -10 a -15 mEq/100 g para OVERTON e WALDRON (2004) e MOORE et al. (2000). Em caso de uso da DCAD negativa, os animais devem ser alimentados em conjunto com o aumento do cálcio dietético (120 - 150 g/dia). Além disso, o pH da urina deve ser monitorado semanalmente, 2 a 6 horas após a alimentação para assegurar-se que as vacas comeram o volume desejado da dieta (SANCHEZ, 1999; BLOCK, 1994).

MOORE et al. (2000) relataram que, embora a inclusão de sais aniônicos na dieta de primíparas no pré-parto tenha induzido à acidose metabólica compensada, não houve incremento no metabolismo do cálcio, e os animais apresentaram queda na ingestão de matéria seca, aumento nas concentrações de ácidos graxos não esterificados (AGNES) e acúmulo de triglicerídeos no fígado.

Em algumas situações torna-se difícil a escolha de forragem com DCAD baixa, para utilizar especificamente no período de pré-parto. Dessa forma, ORTOLANI (1995) menciona que para tornar a dieta mais aniônica recomenda-se em rebanhos com incidência superior a 1% de hipocalcemia, que seja oferecido sais ricos em ânions, como: sulfato de cálcio, cloreto de amônia, sulfato de magnésio, sulfato de amônia e cloreto de cálcio. Estes sais diminuem levemente o pH sanguíneo, acidificando também o pH urinário.

Esses sais são de fácil administração, com custo baixo e segurança na administração (RADOSTITS et al., (2002), porém, em especial o cloreto de amônio, são pouco palatável e se utilizados em grande quantidade na dieta podem diminuir a tal ponto o consumo de alimentos que aumentam o risco de surgimento de fígado gorduroso e cetose em seguida ao parto (ORTOLANI, 2002).

Essa baixa palatabilidade também é descrita por HORST et al. (1997), onde em uma dieta com DCAD maior que 250 mEq/kg de MS, será particularmente difícil acrescentar um volume de sais aniônicos suficientes para baixar para -100 mEq/kg de MS de ração, sem experimentar queda de consumo pelos animais.

Em experimento com dietas de transição para vacas da raça Holandesa contendo 50 a 90 gramas de cálcio por dia, com DCAD positivo e sem adição de sal aniônico, OETZEL et al. (1988), verificaram 51% de hipocalcemia subclínica, 10% de hipocalcemia clínica e somente 39% normais. Com a adição de sais aniônicos às dietas, 20% estavam com hipocalcemia subclínica, 4% hipocalcemia clínica e 76% estavam normais.

O excesso de fertilização nas pastagens pode resultar em aumento da ingestão de K pelas vacas. Uma maneira de limitar a ingestão desse elemento é alimentar os animais com gramíneas, que possuem em torno de 1,68% de K, sendo consideradas plantas com baixos níveis de K em relação às leguminosas, que possuem concentração de K de 2,55% (HORST et al., 1997).

Existem vários métodos para se gerir as concentrações de K nas dietas das vacas no pré-parto, controlando dessa forma a DCAD. Em McFADDEN (2008), a inclusão de quantidades significativas de silagem de milho e (ou) de palha de baixo K podem diminuir o K na dieta. Grãos de baixo K ou outros alimentos também podem ser empregados para diluir e reduzir as concentrações de potássio em dietas de transição. Um terceiro método é a produção de forragem com baixo K, especificamente para as vacas pré-parto.

2.6.1 A água de bebida

A água de bebida que normalmente não se contabiliza nos cálculos de balanceamento dos componentes minerais de dietas, tem sido motivo de alguns estudos, sobretudo pela importância dos elementos minerais que podem influenciar no seu balanceamento cátion-aniônico.

Em um trabalho realizado nos Estados Unidos, CASPER (2001) com resultados de mais de 2600 determinações de minerais na água, demonstrou de que existe potencial para os minerais presentes na água interagirem com os minerais nos alimentos. O autor cita como exemplo altas concentrações de cloro

influenciando o metabolismo de cálcio de tal maneira a causar deficiências de cálcio, caso não seja feita suplementação adicional. Também sulfatos em excesso podem interagir com o selênio, levando à deficiência deste mineral. Isto pode resultar em retenções de placenta, que por sua vez podem levar a cetose, metrite, entre outros problemas.

Outro ponto importante do trabalho de CASPER (2001) é a constatação de que a DCAD média da água é negativa, cerca de $-1,3 \text{ mEq/kg}$ de água. Porém, grandes discrepâncias nos valores de cátions ou ânions podem resultar em DCADs mais negativas ou até mesmo altamente positivas. Dentre as amostras de água analisadas, a DCAD mínima foi de $-8,9 \text{ mEq/kg}$ de água e a máxima foi de $+3,0 \text{ mEq/kg}$ de água. Se a água apresentar uma DCAD altamente negativa, pode ser que os sais aniônicos não sejam necessários. Por outro lado, maiores níveis de sais aniônicos serão necessários quando a DCAD da água for alta.

2.7 Monitoramento preventivo via teste de urina

O pH da urina das vacas é uma avaliação barata indicativa do pH do sangue, e pode ser uma medida adequada do nível apropriado da suplementação aniônica (JARDON, 1995; GOFF, 2006; ORTOLANI, 2002).

Existe boa correlação entre o pH urinário e o sanguíneo ($r=0,80$), tendo também uma relação linear significativa entre o pH urinário e a concentração de excesso de ácido-base do sangue ($r=0,78$) (ORTOLANI, 2002). Esses dados estão em concordância com a metanálise de CHARBONNEAU et al. (2006), que encontraram boa correlação entre o pH dos dois fluidos ($r=0,85$).

Para ORTOLANI (2002) os bovinos criados extensivamente têm um pH urinário bastante alcalino (7,5 a 8,0), já que os capins contêm mais cátions do que ânions, enquanto que animais recebendo dietas ricas em carboidratos solúveis apresentarão um pH mais ácido (5,5 a 7,0). Valores próximos foram descritos por GOFF (2006), onde o pH de urina em dietas com nível alto ou limitado de cátions é geralmente acima de 8,2 ou inferior a 7,8, respectivamente.

Para um ótimo controle de hipocalcemia subclínica, GOFF (2006) relata que o pH da urina de vacas holandesas deveria estar entre 6,2 e 6,8; em vacas

Jersey, tem que ser reduzido entre 5,8 e 6,3 para controle efetivo de hipocalcemia. Se o pH na urina está entre 5,0 e 5,5, o sal aniônico induziu uma excessiva descompensação metabólica, resultando em acidose acentuada.

Segundo CHARBONNEAU et al (2006), para se prevenir a hipocalcemia clínica o pH urinário deve ficar próximo a 7,0, com uma DCAD próxima de 0 mEq/kg de MS. Esses dados foram baseados em sua metanálise, que demonstra que para um decréscimo maior do pH sérico e urinário, é necessário adicionar mais ânions, o que tornaria a dieta excessivamente ácida, resultando em uma modesta alteração na incidência da hipocalcemia clínica.

O pH da urina pode ser aferido após 48 horas da mudança da ração. Amostras de urina devem estar livres de fezes e secreções vaginais. A melhor estimativa do estado ácido-base, parece ser através de amostras de urina obtidas entre 6–9 h após a alimentação dos animais, devendo-se acompanhar regularmente o pH da urina de vacas na última semana de gestação (GOFF, 2006).

Assim, fica evidente a forte influência dos minerais componentes da dieta das vacas, principalmente os provenientes de alimentos volumosos, sobre o balanço eletrolítico desses animais, assim como a relação desses minerais com os distúrbios metabólicos no periparto de vacas leiteiras, notadamente a hipocalcemia clínica ou subclínica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO, J. A. et al. **Nutrição animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal**. São Paulo:Nobel. v.1, 267p., 2002.
- BEEDE, D. K. **The DCAD concept: Transition rations for dry pregnant cows**. Feedstuffs. v.26, p.12-19. 1992.
- BLOCK, E. Manipulation of Dietary Cation-Anion Difference on Nutritionally Related Production Diseases, Productivity, and Metabolic Responses of Dairy Cows. **J. Dairy Sci.** v.77, p.1437-1450. 1994.
- BLOCK, E. Manipulating dietary anions and captions for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. **J. Dairy Sci**, v.67, n.12, p.2939 – 2945, 1984.
- CANTAROW, A.; SHEPARTZ. **B. Bioquímica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, p. 675 – 684. 1968.
- CASTRO, A. L. Febre do leite: uma doença que deve ser tratada nos estágios iniciais. **Veterinary News**, New York, n.64, p.1. 2003.
- CHARBONNEAU, E; PELLERIN, D.; OETZEL, G. R. Impact of Lowering Dietary Cation-Anion Difference in Nonlactating Dairy Cows: A Meta-Analysis. **J. Dairy Sci.** v.89, p.537–548. 2006
- CORBELLINI, C.N. Etiopatogenia e controle de hipocalcemia hipomagnesemia em vacas leiteiras. **Anais** do Seminário Internacional Sobre Deficiências Minerais em Ruminantes. Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS. Brasil. 1998.
- CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro:Guanabara, 454p. 1999.
- CURTIS, C.R.; ERB, H.N.; SNIFFEN, C.J.; SMITH, R.D. Epidemiology of parturient paresis: predisposing factors with emphasis on dry cow feeding and management. **J. Dairy Sci.** v.67, p.817-825. 1984.
- CURTIS, C.R. et al.. Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows. **J. Am. Vet. Med. Assoc.** v.183, p.559-561. 1983.
- DUFFIELD, T.F. Subclinical ketosis in lactating dairy cows: metabolic disorders of ruminants. **Vet. Clin. of North Am. Food Na.Pract.** v.16, p 231-256, 2000.
- DUKES, H. H. **“Fisiologia dos Animais Domésticos”**, 11. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 840 p. 1996
- EL-SAMAD, H.; GOFF, J. P.; KHAMMASH, M. **Calcium Homeostasis and Parturient Hypocalcemia: An Integral Feedback Perspective**.2001.Disponível em: <http://biochemistry.ucsf.edu/labs/elsamad/people/Hana_El_Samad/publications/JTB-calcium.pdf > Acesso em: 22/04/2011

GOFF, J.P. Como controlar a febre do leite e outras desordens metabólicas relacionadas com macrominerais em vacas de leite. **Anais: XIII Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos**. Uberlândia. 267-275. 2009.

GOFF, J. P.. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. **An.I Feed Sci and Tech**. v.126(3-4), p.237–257. 2006.

GOFF, J. P.; HORST, R .L. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum ratios on milk fever in dairy cows. **J Dairy Sci**, Champaign, v.80, p.176-186, 1997.

GOFF, J.P.; HORST, R.L. Use of hydrochloric acid as a source of anions for prevention of milk fever. **J Dairy Sci**, v.81, n.11, p.2874-2880, 1998.

GUARD, C.L. Fresh cow problems are costly: culling hurts the most. **Hoard's Dairyman**, v.141, p.108-128, 1996.

GUYTON, A.C.; HALL, J. E.. **Fisiologia Médica**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 841-851. 2002.

HADDAD, C.M.; ALVES, F. V.. **Novos Conceitos e Tecnologias na Suplementação Mineral de Bovinos**. I CONGRESSO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. 2008.

Disponível em:

<http://www.cbnutricaoanimal.com.br/Palestras/PALESTRA_SUPLEMENTACAO_BOVINOS_CLAUDIO_HADDAD.PDF>

Acesso: 10/07/2012.

HENRY, J.B. **Diagnósticos clínicos e tratamento por métodos laboratoriais**. 18ª Ed. Brasil: Editora Manole LTDA, 1678 p. 1995.

HOLCOMB, C. S. et al.. Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci**, v.84, p. 638 – 643, 2001.

HORST, R .L.; GOFF, J. P.; McCLUSKEY, B. J. Prevalence of subclinical hypocalcemia in US dairy operations. **J Dairy Sci**, Champaign, v. 86, p. 247, 2003.

HORST et. al. Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle. **J Dairy Sci**, v.80,p.1269-1280. 1997.

HUTJENS, M. An Alternative to Metabolic Disorders; Looking at Hypocalcemia. **Dairy Decision Column**. February 18, 2003. Disponível em:

<<http://www.livestocktrail.uiuc.edu/uploads/dairynet/papers/DairyDecisionFeb03.pdf>>

Acesso em 03/05/2011.

JARDON, P.W. Using urine pH to monitor anionic salt programs. **Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian**, v.17, p.860-862, 1995.

JAWOR, P. E. et al. Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in Holstein cows. **J. Dairy Sci.** v.95, p.1240–1248. 2012.

JONES, T. C.; HUNT, R.D.; KING, N. W. **Patologia veterinária**. 6 ed. São Paulo: Manole. p. 813-815. 2000.

KRONFELD, D.S. Homeostatic disorders associated with lactation. In: AMSTUTZ, H.E. Bovine medicine and Surgery. 2 ed.; Santa Bárbara Calif.: **Am. Vet. Pub.** p.565-576. 1980.

LUCA, H.F.; MELANCON, M.J. 25-Hydrocholecalciferol:a hormonal form of vitamin D in biochemical actions of hormones. New York: **Academic Press**, p.337-379. 1972.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Manoel Ltda, 1997.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 251p. 1980.

MARKUSFELD, O. Periparturiente traits in seven high dairy herds: incidence rates, association with parity, and interrelationships among traits. **J. Dairy Sci.**, v.70, p. 158-164, 1990.

MARTENS, H.; SCHWEIGEL, M., Pathophysiology of grass tetany and other hypomagnesaemia. Implications for clinical management. **Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.** v.16,p.339–368. 2000.

MARTENS, H., GABEL, G.,. Pathogenesis and prevention of grass tetany from the physiologic viewpoint. **DTW Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.** v.93,p.170. 1986.

MARTIN, T. N. et al. Fluxo de Nutrientes em Ecossistemas de Produção de Forragens Conservadas. Anais. . . do IV **SIMPÓSIO**: Produção e Utilização de Forragens Conservadas. Maringá, p.173-219. 2011.

McDOWELL, L.R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. New York: Academic, 1992.

McFADDEN, M.. Growing Low Potassium Grass Hay for Close-up Dry Cows. **Michigan Dairy Review**. 2008. Disponível em:

<www.msu.edu/~mdr/vol13no2/mcfadden.html> Acesso em: 07/05/2011

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Pro. Nutr. Soc.**, Cambridge, v.40, n.3, p.285-295, 1981.

MOORE, S. J.; VANDEHAAR, M. J.; SHARMA, B. K.; PILBEAM, T. E. et al. Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. **J. Dairy Sci.**, v.83,p.2095-2104, 2000.

NOGUEIRA, P.. Milk Fever and Low Blood Calcium in Dairy Cows. **Dairy Briefs**, volume 3. February, 2010. Disponível em:

<<http://www.kenpal.on.ca/downloads/AgBriefs/Dairy%20Briefs/Dairy%20Brief%20Feb%202010.pdf>> . Acesso em 03/05/2011.

NATIONAL RESEARCH CONCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, 183 p. 2001

OETZEL, G.R.. Improving reproductive performance in dairy cattle via milk fever prevention. **In Proc. 28th Annual Convention Am. Assoc. Bov. Pract.** San Antonio, TX. Pag. 52. 1995.

OETZEL, G.R.; OLSON, J.D.; CURTIS, C.R. et al. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. **J. Dairy Sci**, v.71, n.12, p.3302-3309, 1988.

OGILVIE, T. H. **Distúrbios metabólicos**. In: Medicina interna de grandes animais. Porto Alegre: Artes Médicas. p. 225 – 227. 2000.

ORTOLANI, E.L. Diagnóstico de doenças nutricionais e metabólicas por meio de exame de urina em ruminantes. In: GONZÁLEZ, H.F. et al. (Eds.) **Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluídos corporais**. Porto Alegre. p.18-26. 2002.

ORTOLANI, E. L. Aspectos clínicos, epidemiológicos e terapêuticos da hipocalcemia de vacas leiteiras. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 47, n. 6, p. 799-808, 1995.

ORTOLANI, E. L. Enfermidades no Período de Transição. 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/viewFile/7660/5433>> . Acesso em: 01/05/2011

OVERTON, T. R.; WALDRON, M. R. Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. **J. Dairy Sci**. v.87, p.105-119. 2004.

RADOSTITS, O. M. et al. **Clínica veterinária**: um tratado de doenças de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 1278-1291. 2002.

RAM, L. et al. Magnesium absorption by wethers fed potassium bicarbonate in combination with different dietary magnesium concentrations. **J. Dairy Sci**.v.8, p. 2485–2492. 1998.

REBHUN, W.C. **Diseases of dairy cattle**. Media: Williams e Wilkins, 630p. 2000.

REBHUN, W. C. **Enfermedades del ganado vacuno lechero**. Zaragoza: Acribia, 1999.

REINHARDT, T.A., HORST, R.L., GOFF, J.P.,. Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. **Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.**v.4, p.331–350. 1988.

RISCO, C.A.; REYNOLDS J.P.; HIRD D.. Uterine prolapse and hypocalcemia in dairy cows. **J. Am. Vet. Med. Assoc.**v.185, p.1517. 1984.

ROCHE, J.R., The incidence and control of hypocalcaemia in pasture-based systems. **Acta Vet. Scand.** v.97, p.141-144. 2003.

RUDE, R. K. Magnesium deficiency: a cause of heterogeneous disease in humans. **Journal of Bone and Mineral Research**, Washington, v.13, p.749-758, 1998.

SANCHEZ, W. K. Another new look at DCAD for the prepartum dairy cow. **Mid-South Ruminant Nutrition Conference**. Dallas-Fort worth, TX. , p.70. 1999.

SANTOS, G.T; CAVALIERI, F.L.B.; DAMASCENO, J.C. MANEJO DA VACA LEITEIRA NO PERÍODO TRANSIÇÃO E INÍCIO DA LACTAÇÃO. 2013

Disponível em: <www.nupel.uem.br/pos-ppz/vacas-08-03.pdf>. Acesso em: 01/02/2013

SANTOS, J.E.P. Distúrbios Metabólicos. In: BERCHIELLI, T.T; PIRES, A.V. ; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal:Funep, p. 439 – 461. 2006.

SANTOS, J.E.P.; SANTOS, F.A.P. Novas estratégias no manejo e alimentação de vacas pré-parto. In: 10º SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba. p.165-214. 1998.

SWIFT, M. L.; BITTMAN, S.; HUNT, D. E.; KOWALENKO, C. G. The Effect of Formulation and Amount of Potassium Fertilizer on Macromineral Concentration and Cation-Anion Difference in Tall Fescue. **J. Dairy Sci.**v.90 p. 1063–1072. 2007.

TUCKER, W.B.; HOGUE, J.F. Influence of sodium chloride or potassium chloride on systemic acid-base status, milk yield, and mineral metabolism in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci**, Champaign, v.73, n.12, p.3485-3493. 1990.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N. F. . Mineral Nutrition of Livestock. **CAB International**. 1999. Disponível em:

<agronica.udea.edu.co/talleres/Udenar/.../1289ch8_OK.pdf> Acesso em 20/04/2011.

Teores de potássio, enxofre, cloro e sódio em silagem de milho, utilizada na alimentação de bovinos, em quatro Estados do Brasil.

RESUMO

O uso de silagem de milho nos sistemas de criação de bovinos no Brasil vem crescendo de forma constante, através do aumento de área de plantio e da produtividade das lavouras. Para a obtenção da máxima quantidade e qualidade, há a dependência de diversos fatores, dentre eles a nutrição das plantas. As variações na concentração de nutrientes em plantas de milho são reflexos da disponibilidade de nutrientes no solo, da capacidade de absorção, das alterações climáticas durante o desenvolvimento da cultura e da genética das cultivares. O objetivo deste trabalho foi avaliar mediante levantamento de campo a variabilidade dos níveis de Potássio (K), Sódio (Na), Cloro (Cl) e Enxofre (S) em silagens de milho em cinco regiões do Brasil. Esses minerais são responsáveis pela diferença cátion-aniônica das dietas no período pré-parto de vacas leiteiras, podendo estar associados com distúrbios metabólicos. A amostragem foi realizada em 109 propriedades leiteiras localizadas em quatro Estados (Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais e Goiás), sendo colhidas três amostras por silo. A composição de minerais da silagem mostrou-se bastante variável, para o K (máximo 17,22; mínimo 4,17 e a média 8,71 g/kg de MS), o Na (máximo 0,92; mínimo 0,08 e a média 0,25 g/kg de MS), Cl (máximo 7,02; mínimo 1,48 e a média 3,82 g/kg de MS) e o S (máximo 1,65; mínimo 0,49 e a média 0,69 g/kg de MS). Houve grande amplitude no balanço cátion-aniônico das silagens, variando de -5,44 a 34,35 mEq 100g de MS, e as silagens de milho mostraram-se catiônicas, podendo predispor os animais a distúrbios metabólicos no período pré-parto.

Palavras chave: DCAD, silagem de milho, minerais, nutrição, pré-parto.

Levels of potassium, sulfur, chlorine and sodium in maize silage fed to cattle in four states in Brazil.

ABSTRACT

The use of corn silage systems in cattle in Brazil has been growing steadily, through increased planting area and crop productivity. To obtain the maximum quantity and quality, there is a dependence on various factors, including plant nutrition. Variations in the concentration of nutrients in corn are reflections of nutrient availability in the soil, the absorption capacity of climate change during the development of culture and genetics of cultivars. The aim of this study was to evaluate by field survey variability in levels of Potassium (K), Sodium (Na), chlorine (Cl) and sulfur (S) in corn silages in five regions of Brazil. These minerals are responsible for the cation-anion difference of diets in the pre-partum dairy cows and may be associated with metabolic disorders. Sampling was conducted on 109 dairy farms in four states (Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais and Goiás), and sampled three samples per silo. The mineral composition of silage showed quite variable for the K (maximum 17.22; minimum 4.17 and average 8.71 g / kg DM), Na (maximum 0.92, at minimum 0.08, and average 0.25 g / kg DM), Cl (maximum 7.02; minimum 1.48 and average 3.82 g / kg DM) and S (maximum 1.65, and the minimum 0.49 0.69 average g / kg DM). A large amplitude in cation-anion balance of silages, ranging from -5.44 to 34.35 mEq 100g MS, and corn silages showed up cationic, which may predispose the animals to metabolic disturbances in the pre-partum

Keywords: corn silage, DCAD, minerals, nutrition, pre-partum.

3. INTRODUÇÃO

O milho é tradicional entre os produtores, e tem seu uso difundido principalmente pelo seu valor nutricional e produtividade. Segundo NUSSIO et al. (2001), é uma planta que se destaca na produção de silagem pelo teor adequado de MS (30 a 35%), com mais de 3% de carboidratos solúveis na matéria natural, baixo poder tampão e com boas condições para a fermentação microbiana.

Apesar da cultura do milho poder apresentar produtividades superiores a 12 t/ha de grãos e de 80 t/ha de massa verde para forragem no Brasil, o que se observa na prática são produções irregulares, com média de 2,0 a 3,0 t de grãos/ha e 10,0 a 45,0 t de massa verde/ha. Essa baixa produtividade média está relacionada diretamente com a adubação da cultura (COELHO e FRANÇA, 1995).

A cultivar de milho a ser plantada para a ensilagem na maioria das vezes tem como critério parâmetros agronômicos, como alta produção de MS, alta produção de grãos e ciclo compatível com os objetivos de ensilagem das fazendas. Em contrapartida, torna-se menos relevante o valor bromatológico, produzindo silagens com grande diversidade em valor nutricional para o fornecimento aos animais (NOVINSKI, 2013).

A composição variável de nutrientes das forragens é um dos maiores desafios para se suprir corretamente as necessidades nutricionais dos animais. Pesquisas têm mostrado que o tipo de solo, planta e fertilização são fatores significativos que contribuem para a absorção de minerais por forragens (SODER e STOUT, 2003). A composição mineral das forragens pode ter um efeito negativo no desempenho e saúde dos animais quando em desequilíbrio com os requisitos nutricionais.

MARTIN et al. (2011) afirmam que a adubação com potássio na cultura do milho eleva a produção de folhas e colmos, bem como a produção de grãos (38%). Para altas produtividades de forragem, o valor médio de K disponibilizado para as plantas é alto, podendo acarretar entrada excessiva de K mediante fertilizantes químicos e adubações orgânicas. Contudo, COELHO e FRANÇA (2006), descrevem que em situação inversa, com baixo teor de potássio ($0,08 \text{ cmolc/dm}^3$) na camada superficial (0 a 20 cm), que o parcelamento da adubação potássica reduziu o

acúmulo de matéria seca das folhas e colmos durante a fase vegetativa do milho e aumentou consideravelmente o quebramento de colmos.

As concentrações de Na, K, Cl e S em plantas forrageiras são bastante variáveis, em função do tipo de forragem, regime de crescimento e uso de fertilizantes (tipo e volume aplicado). Variações nos teores desses minerais alteram a diferença cátion-aniônico (DCAD) na planta, e consequentemente na dieta dos animais que delas se alimentam (SWIFT et al., 2007). Na planta de milho a absorção mais intensa de potássio ocorre nos estádios iniciais de crescimento, quando a planta acumula 50% de matéria seca (60 a 70 dias) e absorve cerca de 90% da sua necessidade total de potássio (COELHO e FRANÇA, 2006). Na estrutura vegetativa da planta, o K está distribuído em diferentes proporções: 35% concentram-se nos grãos, 5% nas folhas, 30% no colmo, 10% em sabugo, haste e cabelo, 10% nas bainhas das folhas e 10% em palhas e bonecas de inserção mais baixa na planta (UENO et al., 2011).

Essas dietas catiônicas, provocadas principalmente pela maior concentração de K nas forragens, promovem uma alcalose metabólica, o que altera a resposta dos mecanismos de absorção (intestino delgado) e reabsorção (tecido ósseo e rins) de cálcio, levando a vaca a um variável grau de hipocalcemia no período pré-parto (GOFF, 2008).

O período pré-parto, que compreende o final do período seco e início da lactação, exerce um grande impacto no ciclo produtivo e reprodutivo de vacas leiteiras. Durante as três últimas semanas da gestação e as três primeiras semanas de lactação, ocorre uma forte mudança metabólica no organismo das vacas leiteiras, com severas adaptações, principalmente no metabolismo de carboidratos, lipídeos e minerais (OVERTON, 2004). Segundo SANTOS (1998), o primeiro passo para a formulação de dietas para vacas em período pré-parto é a escolha de alimentos que apresentem baixos níveis de Na e K.

Reduzir o teor de K na dieta de vacas no período pré-parto é uma tarefa difícil, pois todas as plantas têm necessidade e acumulam alguma quantidade de K para obter o crescimento máximo (GOFF, 2006). Desta forma, a silagem de milho é um volumoso indicado para a alimentação de vacas leiteiras no período de transição, por apresentar valores de potássio e de sódio geralmente inferiores a 1,5% e 0,02%, respectivamente (NRC, 2001). Contudo, os fatores de manejo podem alterar a composição mineral desse alimento.

O objetivo desse ensaio foi avaliar, mediante levantamento de campo, a composição mineral e o DCAD das silagens de milho em quatro estados (cinco regiões) do Brasil.

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.1 Descrição das fazendas

Foram visitadas 109 fazendas localizadas em cinco bacias leiteiras localizadas nos estados do Paraná (regiões de Toledo e Castro), oeste de Santa Catarina, sul de Minas Gerais e centro-oeste de Goiás, no período de 10/05 a 15/09/2010.

Foram colhidas três amostras de silagem (1,1 kg) em cada silo, totalizando 327 amostras, em 109 silos de propriedades com diferentes tamanhos e níveis tecnológicos.

Em cada propriedade, além das amostras de silagem, foram colhidas mediante questionário informações sobre o histórico de condução da cultura e processo de ensilagem. Essas variáveis foram utilizadas para classificar dados e auxiliar na interpretação dos resultados.

Das 109 silagens de milho amostradas, 13 foram ensiladas de lavouras da safra 2008/2009 enquanto as demais foram da safra 2009/2010. Esses 96 silos foram elaboradas de janeiro a julho de 2010, sendo que em Toledo/PR parte das silagens (11/20) foram confeccionadas entre maio e julho deste ano.

Todas as fazendas utilizaram adubação química de base e nitrogenada em cobertura. Os fertilizantes utilizados em cobertura foram o sulfato de amônio (26), uréia (49) e formulação com N e K (34). Em Minas Gerais se tem a maior utilização de fertilização com K em cobertura. Com relação à adubação orgânica a maior aplicação se dá nas regiões dos estados do Paraná e Santa Catarina, destacando-se a região de Toledo/PR.

3.1.2 Análises

As amostras de silagem colhidas em três pontos diferentes do silo, conforme descrito por NOVINSKI (2013), foram acondicionadas em embalagens

plásticas identificadas e lacradas a vácuo (OrvedeBrock® modelo Ecovaccum), mantidas em temperatura ambiente, quando após concluídas as coletas de cada região eram enviadas ao laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Após a secagem em estufa de ventilação forçada (55°C por 72 horas) foram moídas em moinho tipo Willey, em peneira com crivos de 1 mm.

As amostras secas e moídas foram enviadas para o Laboratório de Análise de Tecido Vegetal da Universidade de São Paulo, em Piracicaba/SP. Os níveis de Potássio (K), Sódio (Na), Cloro (Cl) e Enxofre (S) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e expressos em g/kg de MS.

3.1.3 Determinação da diferença cátion-aniônica das silagens (DCAD)

Para o cálculo da DCAD, o primeiro passo foi a transformação do teor dos minerais K, Na, Cl e S expressos em g/kg de MS para mg/100g de MS:

$$\text{mg/100g de MS} = (\text{gramas do elemento/kg de MS} \times 1000)/10$$

A transformação para mEq/100 g de cada elemento se deu através de:

$$\text{mEq/100 g MS} = (\text{mg de cada elemento} \times \text{valência}) \div \text{peso atômico (g)}$$

Após a transformação dos quatro elementos para miliequivalentes, a DCAD das silagens foi calculada utilizando a equação (HORST et al., 1997; SANCHEZ, 1999; CHARBONNEAU et al., 2006):

$$\text{DCAD (mEq/100 g de MS)} = (\text{K} + \text{Na}) - (\text{Cl} + \text{S})$$

3.1.4 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e os valores médios por regiões foram comparados pelo teste de Tukey, utilizando o método GLM do programa SAS (2002). Foram estabelecidas correlações simples de Pearson entre as variáveis: valores dos minerais K, Cl, S e Na e altura de corte do milho para ensilagem, através do procedimento CORR do SAS (2002).

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios, máximos e mínimos da composição mineral das silagens de milho estão apresentados na Tabela 3. Foi verificada grande variação na concentração dos quatro minerais estudados. Os valores médios das 327 amostras colhidas foram diferentes dos descritos pelo NRC (2001) para silagem de milho (12,0; 2,9; 0,1 e 1,4 g/kg de MS para o K, Cl, Na e S, respectivamente), onde os valores verificados foram menores para o K e S, porém maiores para o Cl.

Tabela 3 - Médias (g/kg de MS), desvio padrão, valor mínimo e máximo dos minerais K, Cl, Na e S de 327 amostras de silagem de milho de cinco regiões do Brasil.

Varável	Média \pm DP ¹	Mínimo	Máximo	Porcentagem de variação
Potássio	8,72 \pm 2,3	1,1	18,61	1691%
Cloro	3,83 \pm 1,4	0,9	7,37	818%
Sódio	0,25 \pm 0,1	0,07	1,36	1943%
Enxofre	0,69 \pm 0,2	0,25	3,85	1540%
Matéria Seca	324 \pm 50	198	491	148%
Matéria Mineral	33 \pm 10	11	109	891%
DCAD ²	9,56 \pm 6,0	-4,14	34,35	715%

¹ DP – desvio padrão

² DCAD – Diferença cátion-ânionica (mEq/100 g MS)

Foram encontrados diferenças entre as regiões para os valores de Cl, Na e S (Tabela 4), e os valores médios de K foram semelhantes. Contudo, a explicação desses resultados não foi possível, considerando-se as variáveis avaliadas.

Quando comparadas as alturas de corte do milho (< 20 cm; 20 - 40 cm; > 40 cm) na ensilagem, não foi encontrado diferença significativa para os valores dos quatro minerais (K, Cl, Na, S). Esse achado está em discordância com o relatado por ANDRADE et al. (1998), que encontraram menores percentagens de MS, nitrogênio (N), fósforo (P) e S na base da planta de milho quando comparadas aos valores da planta inteira, e para o K a concentração foi muito maior na base da planta (2,7%) em comparação com a planta inteira (1,25%). Para JAREMTCHUK et al. (2006), a elevação na altura de corte de 20 para 40 cm reduz em média 19,0% a extração de K do solo. No presente trabalho, as diferenças de híbridos e manejo agrônomo da cultura não permitiram a verificação dessa correlação descrita na literatura,

A variabilidade no teor dos minerais das silagens acarretou grande amplitude na DCAD calculada (Tabela 3). A maior proporção (92%) das silagens mostrou-se catiônica.

Com relação ao ano de ensilagem, houve uma diferença na composição mineral entre os anos de 2009 e 2010. Os valores médios para o K, Cl, S e Na foram 8,74, 3,82, 0,68, 0,26 e 8,83, 3,91, 0,70, 0,25 g/ kg MS para os anos de 2009 e 2010 respectivamente. As principais diferenças observadas foram os maiores valores de K e menores de Cl nos silos de 2010 em relação aos de 2009. As possíveis explicações podem estar na diferença climática entre os dois anos, pois de acordo com o INPE (2013), o ano de 2009 apresentou em média índice pluviométrico maior do que 2008 em todas as regiões; outro ponto importante pode estar na condução das lavouras, principalmente pela adubação empregada, que desempenha um papel importante na produção vegetal; o tempo de estocagem das silagens.

Tabela 4 - Médias (g/kg de MS) e desvio padrão da DCAD dos minerais em silagens de milho de cinco regiões do Brasil (307 amostras).

Mineral	Região ¹					EPM ²
	Castro	Minas Gerais	Goiás	Toledo	Santa Catarina	
Número	96	68	42	60	60	
Potássio	9,20 ^{ab} ±2,7	9,32 ^a ±2,0	8,30 ^{abc} ±1,7	8,30 ^{bc} ±2,0	8,00 ^c ± 2,2	0,12
Cloro	2,60 ^c ±0,9	4,2 ^a ±1,0	4,00 ^a ±1,0	4,10 ^a ±1,3	3,40 ^b ± 1,0	0,01
Sódio	0,25 ^a ±0,2	0,30 ^a ±0,1	0,20 ^b ±0,1	0,10 ^c ±0,01	0,20 ^{bc} ±	0,01
Enxofre	0,60 ^b ±0,2	0,60 ^b ±0,4	0,60 ^b ±0,08	0,70 ^{ab} ±0,01	0,80 ^a ± 0,01	0,02

¹ Médias seguidas por letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

²EPM – Erro padrão da média

Dietas de vacas leiteiras pré-parto devem apresentar diferença catiônica e aniônica (DCAD) negativas (dietas aniônicas), variando entre -10 e -15 mEq/100 g de MS (MOORE et al., 2000; OVERTON e WALDRON, 2004), o que é difícil de conseguir utilizando silagens com níveis elevados de cátions fortes, tais como potássio e sódio. Apenas seis das 109 fazendas avaliadas apresentaram silagem de milho com DCAD negativa, em concordância com UNDERWOOD (1999), provavelmente esse efeito esteja associado à fertilização pobre das áreas de cultivo, e provável baixa produtividade da cultura de milho dessas propriedades.

Na região de Castro/PR, o maior valor médio de DCAD nas silagens (Tabela 5), se deu pelo nível elevado dos cátions K e Na e baixo para os ânions Cl e S, provavelmente decorrentes da elevada taxa de adubação usada nessa região, conhecida por produtividades elevadas de silagem de milho no Brasil. Segundo MARTIN et al. (2011), normalmente em grandes produtividades de forragens, o valor médio disponibilizado para as plantas, excede o necessário para a boa produção e reflete a entrada excessiva de K dos fertilizantes artificiais e adubações orgânicas através dos dejetos animais).

Tabela 5 - Médias e desvio padrão da diferença cátio-aniônica (DCAD - mEq/100 g de MS), valores mínimos e máximos da DCAD de silagens de milho de cinco regiões brasileiras (109 fazendas).

Mineral	Região					CV ¹ (%)
	Castro	Minas Gerais	Goiás	Toledo	Santa Catarina	
DCAD	13,94 ± 6,4	8,23 ± 4,3	5,94 ± 3,6	4,71 ± 3,6	5,87 ± 5,8	35,8
Minimum	-0,94	-5,64	-2,30	-8,46	-13,81	-
Maximum	37,52	18,98	14,40	13,54	20,72	-

¹CV – Coeficiente de variação

O alto valor de DCAD aumenta o risco de hipocalcemia em vacas no pré-parto consumindo essas silagens. Forragens altamente catiônicas para esses animais predispõe a alcalose metabólica, interferindo na ação do paratormônio (PTH) sobre a absorção intestinal e reabsorção de cálcio dos ossos e rins (GOFF, 2008). Caso isso não seja possível evitar o usos dessas forragens para vacas em período de transição, os produtores de leite devem considerar o uso de suplementação com sal aniônico.

3.3 CONCLUSÕES

Silagens de milho de diferentes fazendas e regiões brasileiras apresentam alta variabilidade no teor de minerais que compõe a DCAD.

Pelo fato de algumas silagens com DCAD fortemente catiônico oferecerem risco quando fornecidas a animais no período de pré-parto, faz-se necessário análises bromatológicas periódicas para avaliação principalmente dos elementos K, Cl e S.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J.B; HENRIQUE, W.; BRAUN, G. et al. Produção de silagem e reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho. 2 – Composição mineral In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Botucatu. **Anais..** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.278-280. 1998.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO MILHO. EMBRAPA MILHO E SORGO. 2 ed. 2006. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/feraduba.htm>

Acesso em: 10/02/2013.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho, nutrição e adubação. **Arquivo do Agrônomo** nº 2, Potafos. p.1-9. 1995.

GOFF, J.P. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcaemia in dairy cows. **Vet. J.** v.176, p. 50-57. 2008.

GOFF, J.P.. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. **An. Feed Sci Tech.** v.126,p.237–257. 2006.

HORST et. al.. Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle. **J Dairy Sci**, v.80,p.1269-1280. 1997.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL. CPTEC. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index1209.shtml> . Acesso em 10/01/2013.> Acesso: 10/03/2013.

JAREMTCHUK, A.R; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L. et al. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas. **Acta Sci. Agron.**, v.28, n.3, p.351-357. 2006.

MARTIN, T. N. et al. Fluxo de Nutrientes em Ecossistemas de Produção de Forragens Conservadas. Anais. . . do IV **SIMPÓSIO**: Produção e Utilização de Forragens Conservadas. Maringá, 2011. p.173-219.

MOORE, S. J.; VANDEHAAR, M. J.; SHARMA, B. K.; PILBEAM, T. E. et al. Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. **J. Dairy Sci.**, n.83,p. 2095-2104, 2000.

NATIONAL RESEARCH CONCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC. 183 p. 2001.

NOVINSKI, C.O. Determinação da degradação aeróbia de silagens de milho e presença de micotoxinas por imagens em infravermelho em silos de grande porte. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias),Universidade Federal do Paraná, 2013.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N.; Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 2001, Maringá. **Anais**. Maringá: UEM/CCA/DZO, p.127-145. 2001.

OVERTON, T. R.; WALDRON, M. R. Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. **J. Dairy Sci.** v.87,p.105-119, 2004.

SANTOS, J.E.P.; SANTOS, F.A.P. Novas estratégias no manejo e alimentação de vacas pré-parto. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 10., 1998, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba. p.165-214. 1998

SAS. **SAS** user's guide for Windows environment. V. 9.1. SAS Inst. Inc. Cary, NC. USA. 2002.

SODER, J. K.; STOUT, W. L. Effect of soil type and fertilization level on mineral concentration of pasture: Potential relationships to ruminant performance and health. **J. Anim. Sci.** v.81, p.1603-1610.2003.

SWIFT, M. L.; BITTMAN, S; HUNT, D. E; KOWALENKO, C. G. The Effect of Formulation and Amount of Potassium Fertilizer on Macromineral Concentration and Cation-Anion Difference in Tall Fescue. **J. Dairy. Sci.** v.90, n.3,p.1063-1072. 2007.

UENO, R. K; NEUMANN, M; MARAFON, F; BASI, S.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias. Guarapuava/PR.** v.4, n.1, p.182-203. 2011.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N. F. . Mineral Nutrition of Livestock. **CAB International**. 1999. Disponível em:
<agronica.udea.edu.co/talleres/Udenar/.../1289ch8_OK.pdf> Acesso em 20/04/2011.

TEORES DE POTÁSSIO, SÓDIO, CLORO E ENXOFRE EM FORRAGENS DE REBANHOS LEITEIROS COMERCIAIS E INDICADORES DE HIPOCALCEMIA.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo de analisar o efeito da concentração de potássio, sódio, enxofre e cloro dos alimentos volumosos utilizados na alimentação de vacas leiteiras sobre a diferença catiônica e aniônica da dieta (DCAD) no período de pré-parto. Os dados das forragens, correlacionados com as amostras de sangue e aferição de pH da urina, demonstram a magnitude do efeito do potássio sobre o equilíbrio ácido-básico da dieta e sobre o animal. Através das análises das dietas e dos parâmetros bioquímicos dos animais, pôde-se analisar os efeitos desses cátions e ânions sobre a ocorrência de hipocalcemia e outros distúrbios metabólicos no período peri-parto. Foram feitas amostragens em 4 Estados brasileiros (Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina), totalizando 53 fazendas, com 399 fêmeas no período pré-parto e 316 no pós-parto. No período pré-parto foi aferido o pH urinário dos animais com até 21 dias para o parto. Nesse período ainda foi levantado todos os ingredientes da dieta, com coleta de amostras de forragens verdes ou conservadas para a análise bromatológica e posterior cálculo nutricional e de DCAD. Amostras de sangue foram coletadas dos animais do pós-parto, com até 10 dias de parição, para mensuração do cálcio total (Ca) e Cálcio iônico (Ca^{++}). Os valores médios para o Ca e Ca^{++} nos 316 animais foram de 1,75 mmol/L e 0,96 mmol/L, respectivamente. Os resultados demonstraram haver uma baixa correlação ($r=0,15$; $P<0,01$) entre o Ca e Ca^{++} . A DCAD média das 50 fazendas que utilizaram dietas aniônicas foi de -15,12 mEq/100 g de MS, apresentando uma correlação positiva com o Ca ($r= 30$; $P<0,05$), porém sem significância para o Ca^{++} . O uso de fonte aniônica nas dietas sobre a DCAD calculada foi marcante, e quando foi substituída por uma fonte convencional na simulação resultou na elevação da DCAD para 5,85 mEq/100 g de MS. Os valores encontrados para hipocalcemia subclínica foram de: 55,4% (175/316) e 45,9% (145/316); e clínica: 3,2 (10/316) e 3,5% (11/316) dos animais, para Ca^{++} e Ca respectivamente. Houve efeito do K e do Cl das forragens sobre a DCAD, porém sem significância sobre o Ca e Ca^{++} . O sal aniônico, em média, reduziu o pH de urina (6,98) quando comparando as propriedades que o utilizam (8,38), porém não foi eficiente na redução da hipocalcemia subclínica. As diferenças encontradas nas respostas dos animais entre fazendas e regiões, foram pelas diferenças de clima, solo e especialmente pelo manejo das forragens e animais.

Palavres chave: cálcio iônico, cálcio total, DCAD, pré-parto, potássio.

LEVELS OF POTASSIUM, SODIUM, SULPHUR AND CHLORINE IN FODDER FOR LIVESTOCK AND DAIRY BUSINESS INDICATORS HIPOCALCEMIA.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the effect of the concentration of potassium, sodium, sulfur and chlorine from forages fed to dairy cows on the cation and anion difference diet (DCAD) in the pre-partum. Data fodder correlated with blood samples and measurement of urine pH, demonstrate the magnitude of the effect of potassium on the acid-base balance of the diet and the animal. Chemical analysis of the diets and biochemical parameters of animals, we could analyze the effects of cations and anions on the occurrence of hypocalcemia and other metabolic disorders in the periparturient period. Were sampled four Brazilian states (Minas Gerais, São Paulo, Paraná and Santa Catarina), totaling 53 farms, with 399 females in the pre-partum and 316 postpartum. In the pre-partum urinary pH was measured for animals up to 21 days for delivery. This period was still raised all the ingredients of the diet, with sampling of green fodder or preserved for chemical analysis and subsequent calculation nutritional and DCAD. Blood samples were collected from animals after delivery, with 10 days of calving for measurement of total calcium (Ca) and calcium ion (Ca^{++}). The average values for Ca and Ca^{++} in 316 animals were 1.75 mmol/l and 0.96 mmol/L, respectively. The results showed that there was a low correlation ($r = 0.15$, $P < 0.01$) between Ca and Ca^{++} . The DCAD average of 50 farms that used anionic diets was -15.12 g mEq/100 MS, showing a positive correlation with Ca ($r = 30$, $P < 0.05$), but no significance for Ca^{++} . The use of anion source in the diets on the calculated DCAD was remarkable, and when it was replaced by a conventional source in the simulation resulted in the elevation of DCAD to 5.85 mEq/100 g DM. The values found for subclinical hypocalcemia were: 55.4% (175/316) and 45.9% (145/316) and clinical: 3.2 (10/316) and 3.5% (11/316) animals to Ca^{++} and Ca respectively. There was an effect of K and Cl fodder on the DCAD, but without significance of Ca and Ca^{++} . The salt anion, on average, decreased urine pH (6.98) when comparing the properties that use (8.38) but was not effective in reducing subclinical hypocalcemia. The differences in the responses of animals between farms and regions, were the differences in climate, soil and especially the management of fodder and animals.

Keywords: DCAD, ionic calcium, potassium, pre-calving, total calcium.

4. INTRODUÇÃO

A atividade leiteira no Brasil tem evoluído de forma contínua e consistente, independente do sistema de criação. O aprimoramento no manejo nutricional dos rebanhos e na produção das forragens foi um dos fatores responsáveis por este aumento da produtividade. A alimentação geralmente representa o maior componente entre os custos de produção das fazendas leiteiras, tendo a qualidade das forragens papel importante na otimização do uso de concentrados. De acordo SENGGER et al. (2005) as forragens são os principais ingredientes das dietas normalmente oferecidas aos ruminantes, e apresentam composição química e valor nutricional extremamente variável, dependendo de fatores como o tipo, espécie e variedade da planta forrageira, tipo e grau de processamento e armazenamento, fertilidade do solo, clima, maturidade, entre outros.

A necessidade de suprir a demanda desses alimentos para um crescente número de animais com produção leiteira cada vez mais intensiva, fez com que os produtores selecionassem forragens mais produtivas e de melhor qualidade, e que conservadas por diversos métodos, podem garantir a sua oferta durante todo o ano. Para que isso fosse possível, cada vez mais se faz uso de adubação intensiva, principalmente com os macronutrientes N, P e K. A extração desses macronutrientes acompanha a produtividade das forragens utilizadas na alimentação das vacas, podendo interferir no seu balanço cation-aniônico, principalmente quando fornecidas a vacas no período de pré-parto.

O presente estudo teve como objetivo levantar as informações dos quatro elementos K, Cl, S e Na, que fazem parte do cálculo da diferença cátion-aniônica das dietas (DCAD) em 53 fazendas leiteiras, e avaliar a importância do K das forragens utilizadas sobre o equilíbrio eletrolítico no período de pré-parto.

4.1 Material e métodos

Este estudo foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisas em Forragicultura (CPFOR) da Universidade Federal do Paraná, após aprovação pela Comissão de

Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da UFPR (protocolo nº 047/2011).

A colheita das amostras e das informações foi realizada entre março e julho de 2012, em 53 fazendas leiteiras dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Tabela 6).

Tabela 6 - Descrição da composição e dados médios produtivos das fazendas amostradas.

Estado	Número de fazendas	Número de animais	Vacas em lactação	Produção (kg/leite/dia)	Média (kg/vaca/dia)
Minas Gerais	10	490	170	4275	26,0±4,2 ¹
São Paulo	6	698	294	6495	22,5±3,0
Paraná	18	505	250	8021	30,1±5,1
Santa Catarina	19	294	125	3123	26,3±4,4
Média		449	195	5386	27,0±5,0

¹Desvio Padrão

4.1.1 Caracterização das fazendas e dos animais

Os critérios utilizados para a seleção das fazendas foram a disponibilidade de animais nos períodos pré e pós-parto, a apresentação de um controle gerencial mínimo e viabilização do agendamento das visitas através da colaboração de consultores em produção animal destas regiões.

Das 53 fazendas selecionadas, 17 trabalhavam com semi-confinamento e 36 com confinamento tipo *Free Stall*.

A dieta dos animais no período pré-parto era formulada por técnicos que assistiam as fazendas. A avaliação dos resultados e possível alteração dessas dietas se dava principalmente pelos relatos de possíveis complicações clínicas apresentada ou não pelos animais ao parto e nos dias subsequentes. Apenas nas fazendas de São Paulo e Minas Gerais a prática de aferição de pH urinário era usada periodicamente como rotina de monitoramento.

4.1.2 Questionário

Em cada fazenda foi aplicado um questionário abordando aspectos como localização, estrutura, sistema de criação, sistema gerencial, controle zootécnico, ambiência, esquema sanitário, epidemiologia de doenças metabólicas no período pós-parto. Esses dados serviram para complementar as demais análises realizadas no direcionamento das conclusões à problemática. A composição das dietas foi fornecida pelos técnicos e proprietários das fazendas.

4.1.3. Urina - Aferição de pH

Foram realizadas aferições de pH de urina de 399 vacas com média de 12 dias e limite de até 21 dias da data do parto, sendo o número de vacas em cada fazenda variável e dependente da sua disponibilidade.

Após a contenção dos animais em canzais ou bretes, a urina foi colhida diretamente em um recipiente plástico de 500 mL, sob estímulo por massagem subvulvar. A análise do pH foi realizada imediatamente após a coleta, por um pHmêtro portátil com eletrodo (GEHAKA, modelo PG 1400) previamente calibrado com solução padrão com pH 7,0 e 4,01.

4.1.4 Parâmetros sanguíneos: cálcio total (Ca), cálcio iônico (Ca⁺⁺), potássio (K) e sódio (Na)

Foram colhidas amostras de sangue de 316 animais com até 10 dias pós-parto, mediante punção da veia coccígea, em tubo vacuolizado. As amostras permaneciam entre 1 a 2 h em temperatura ambiente, sendo então centrifugadas (CENTRIBIO®, modelo 80-2B) a 3000 rpm por 10 minutos. Sem abrir o tubo, o soro foi aspirado através da tampa de borracha, com uma seringa de 5 mL, evitando-se o contato com o ar para prevenir possíveis alterações de pH dessa amostra. As seringas eram imediatamente lacradas com esparadrapo e mantidas em caixa refrigerada até o armazenamento a -20°C, por um período máximo de 30 dias, sendo dependente do término das coletas de cada região.

Foram realizadas análises de cálcio iônico (Ca⁺⁺), potássio (K) e sódio (Na) no Laboratório de Imunoquímica do Hospital das Clínicas da Universidade

Federal do Paraná (UFPR) - Curitiba, através de um analisador bioquímico automático (SIEMENS DIAGNÓSTICA® 1265, PAC REAGENT). Posteriormente, as mesmas amostras foram submetidas a análise de cálcio total (Ca) (DIALAB®), método colorimétrico (ARZENAZO III), utilizando um analisador bioquímico automático (BS-200, MINDRAY®), no Laboratório de Bioquímica do Hospital Veterinário, no setor de Ciências Agrárias da UFPR - Curitiba.

4.1.5 Amostras de água

As amostras de água das 53 fazendas foram colhidas diretamente das tubulações de entrada dos bebedouros, em recipientes plásticos de 100 mL. Após a identificação, essas amostras eram encaminhadas para o Laboratório de Solos da UFPR, onde através de um fotômetro de chama (DIGIMED®, modelo DM 62), procediam as análises de K e Na. Para se estimar a diferença cation-aniônica (DCAD) da água em cada propriedade, foram utilizados dados de cloro (Cl) e enxofre (S) obtidos através de trabalhos publicados e do banco de dados (SIAPAS) do Centro Geológico do Brasil. Esses elementos não foram analisados em virtude da baixa estabilidade nas amostras coletadas.

Para o cálculo da DCAD média da água, a fórmula utilizada foi descrita por SANCHEZ (1999) e CHARBONNEAU et al. (2006):

$$\text{DCAD (mEq/100 g)} = (\text{K} + \text{Na}) - (\text{Cl} + \text{S})$$

4.1.6 Amostras de forragens

Foram colhidas amostras com aproximadamente 500 g das forragens fornecida aos animais no período avaliado, em cada fazenda.

Quando utilizada em pastejo, a amostragem foi por cortes aleatórios em vários pontos da área, colhendo a fração proporcional a 50% da altura da planta. Onde a forragem fresca era fornecida nos comedouros, a colheita da amostra foi feita diretamente da carreta transportadora ou diretamente do comedouro, desde que recém fornecida aos animais. Para amostragem dos fenos, porções de diversos pontos do interior dos fardos foram colhidas. Amostras das silagens de milho ou de

gramineas foram colhidas diretamente do painel do silo, em pontos aleatórios, acondicionadas em um balde para homogeneização e coleta da amostra composta.

As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas identificadas e lacradas a vácuo (OrvedeBrock® modelo Ecovaccum), para posterior realização de análises bromatológicas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná (DZ/UFPR).

4.1.7 Análises bromatológicas

As amostras de forragens foram secas em estufa de ventilação forçada, a 55° C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey em peneira com crivos de 1 mm. Foi determinado o teor de matéria seca (MS) em estufa a 105°C por 24 h e, o teor de cinzas foi obtido mediante incineração em mufla a 600°C por 3 horas (AOAC, 1990).

A determinação da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foi realizada de acordo com metodologia de VAN SOEST (1994) adaptado para o método sequencial usando equipamento ANKOM Fiber Analyser (ANKOM® Technology Corp.) de acordo com a técnica descrita por HOLDEN (1999).

A determinação da Proteína Bruta (PB) foi realizada pelo método de Dumas (WILES et al., 1998), em auto-analisador de nitrogênio (ELEMENTAR® rapid N cube). A análise do extrato etéreo foi realizada no extrator ANKOM® XT 10, utilizando-se como solvente éter de petróleo, com tempo de extração de 6 horas (SILVA e QUEIROZ, 2002);

Os níveis de K, Na, Cl e S foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica no Laboratório de Análise de Tecido Vegetal da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

Para o cálculo da DCAD média de cada grupo de forragem, a fórmula utilizada foi a descrita no item 3.1.3 do presente trabalho.

4.1.8 Análise das dietas fornecidas

A análise nutricional e cálculo da diferença cátion-aniônico da dieta (DCAD), foram feitos através do software CPM-Dairy®, da Universidade de Cornell, utilizando as análises bromatológicas das forragens de cada fazenda, e para a

composição nutricional dos ingredientes concentrados, dados da Universidade Federal de Viçosa, CQBAL (VALADARES FILHO, 2012). As informações sobre os níveis nutricionais das rações concentradas comerciais e dos núcleos minerais foram obtidas junto as empresas responsáveis pela sua produção.

4.1.9 Estratificação da calcemia para interpretação dos resultados

Para fins de estratificação das amostras colhidas, foram determinadas três classes paramétricas de calcemia para vacas leiteiras no período pós-parto, definidos com base em trabalhos de referência no assunto, cujos autores estão nominados na Tabela 7. Nessa tabela os parâmetros são apresentados nas unidades mg/dL e mmol/L, sendo a segunda utilizada em citações mais recentes pela literatura pesquisada. Os dados apresentados nesse trabalho foram expressos em mmol/L.

Tabela 7 - Parâmetros utilizados para determinação do grau de calcemia em fêmeas leiteiras no período pós-parto.

	Ca		Ca ⁺⁺	
	mg/dL	mmol/L	mg/dL	mmol/L
Normocalcemia ¹	> 7,5	> 1,8	> 4,0	> 1,0
Hipocalcemia subclínica ²	< 7,5 a 5,0	< 1,8 a 1,25	< 4,0 a 2,75	< 1,0 a 0,7
Hipocalcemia clínica ³	< 5,0	< 1,25	< 2,75	< 0,7

¹(CHARBONNEAU et al, 2006; JAWOR et al, 2012; GOFF e HORST, 1997)

²(GOFF, 2009; OETZEL et al., 1988; WANG e BEEDE, 1992)

³(GOFF, 2009; HUTJENS, 2003)

4.1.10 Análises estatísticas

Foram estabelecidas correlações simples de Pearson entre as variáveis: regiões, pH da urina, diferença cátion-aniônica da dieta (DCAD), valores séricos de Ca e Ca⁺⁺, dias pós-parto e os minerais Cl, S, Na e K, através do procedimento CORR do SAS (2002).

No pré-parto, os efeitos de estado (4 estados; MG, SP, PR e SC), de rebanhos aninhado em estado (53 rebanhos), ordem de lactação (1, 2 e 3 ou mais

partos) na variável dependente pH de urinário foram estimadas pelo procedimento GLM do SAS (2002).

Para os dados do pós-parto, como os efeitos de estado (4 estados; MG, SP, PR e SC), de rebanhos aninhado em estado (53 rebanhos), ordem de lactação (1, 2, e 3 ou mais partos) e a covariável dias pós-parto (1 a 10 dias) nas variáveis dependentes cálcio total e cálcio iônico foram estimados pelo procedimento GLM do SAS (2002).

Os efeitos de estado (4 estados; MG, SP, Pr e SC), categorias de pH de urina (4 categorias; menor que 5,9, entre 6,0 e 6,9, entre 7,0 e 7,9 e acima de 8,0), de DCAD média de rebanho (2 categorias; DCAD 1 = <-15 (n= 22 rebanhos) e DCAD 2 = > -15 (n= 31 rebanhos)) nas variáveis cálcio total médio e cálcio iônico médio também foram estimadas pelo procedimento GLM do SAS (2002).

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações encontradas estão relacionadas na Tabela 8, sendo estas discutidas no decorrer da apresentação dos resultados.

Tabela 8 - Correlações entre Ca, Ca⁺⁺ séricos e a DCAD da dieta com os quatro minerais que a compõem (K, Cl, S, Na), Ca, Na e K séricos e a variável dias pós parto.

	Ca	Ca ⁺⁺	DCAD
Ca	-	r=0,16 P<0,01	-
DCAD	r=0,30 P<0,05	-	-
Cl	-	-	r= -0,74 P<0,01
S	-	-	r= -0,48 P<0,01
K	-	-	r= 0,22 P<0,01
Na	-	-	r= 0,28 P<0,01
K sérico	r=0,12 P<0,05	r=0,19 P<0,01	-
Na sérico	-	r=0,19 P<0,01	-
Dias pós-parto	-	r=0,26 P<0,01	-

4.2.1 Questionário

Dos 399 animais em pré-parto avaliados, houve predomínio da raça Holandesa, além das raças Pardo Suíça, Jersey, Simental e Girolando. No pós-parto, dos 316 animais, também a raça Holandesa tinha maior número, além de Pardo Suíço, Girolando e Jersey (Tabela 9).

Tabela 9 - Distribuição das raças nas 53 fazendas nos períodos de pré e pós-parto.

	Pré-parto	Pós-parto
Holandesa	366	294
Pardo Suíça	12	12
Jersey	12	5
Girolando	7	5
Simental	2	-
TOTAL	399	316

O sistema de manejo predominante constava de: período pré-parto de 21 dias, com vacas multíparas e primíparas agrupadas no mesmo lote e alojadas em uma área restrita. A silagem de milho era o volumoso predominante, usado em 51 das 53 fazendas, enquanto apenas sete usavam silagens de gramíneas. Fenos e palhadas eram utilizados em 23 fazendas, e nove usavam forragem verde em corte ou pastejo.

Naquelas que utilizaram forragens verdes na alimentação do pré-parto (11), houve predomínio do gênero *Cynodon*, sendo que no Paraná e Santa Catarina parte das fazendas usaram estas pastagens perenes e também pastagens anuais de inverno. A adubação química e orgânica para a produção de volumosos estava presente em todas as 53 fazendas usam; dejetos de bovinos, suínos e aves em 80%, 19% e 13% das fazendas, respectivamente; em 41 havia a prática da adubação com K em cobertura.

Com relação aos rebanhos, as fazendas avaliadas em São Paulo apresentaram o maior número médio de animais em lactação, com a menor produção de leite/vaca/dia (Tabela 6). No Paraná, as fazendas visitadas apresentavam maior produtividade de leite/vaca/dia. Em Santa Catarina as fazendas

se caracterizavam por apresentarem rebanhos menores, devido ao tamanho de suas áreas e o predomínio do sistema de semi-confinamento (12/19).

A maioria das fazendas (37/53) fornecia as dietas de pré-parto em comedouros coletivos, distribuídos em duas refeições ao dia (46/53). Em Santa Catarina parte delas (7/19) fornece somente uma refeição ao dia.

Dentre as ocorrências patológicas relatadas como frequentes, em ordem decrescente, destaca-se a retenção de placenta, metrite, deslocamento de abomaso e hipocalcemia clínica, em todas as regiões (Tabela 10). Essas patologias relatadas podem estar associadas a hipocalcemia na forma clínica ou principalmente na subclínica.

A retenção de placenta e metrite são patologias normalmente correlacionadas, e possuem causas multifatoriais. A hipocalcemia, principalmente sob a forma subclínica, que de acordo com os resultados dos exames de cálcio sérico está presente em um número expressivo de animais deste trabalho (Tabela 15), eleva as possibilidades de ocorrência de retenção de placenta em 2,8 vezes (CORBELLINI, 1998), 4 vezes (HUTJES, 2003) ou em até 5,7 vezes (DUFFIELD, 2000). Os principais efeitos da hipocalcemia na retenção de placenta estão ligados a diminuição da contração muscular, da resposta imune e a um aumento da secreção de cortisol (GOFF, 1999).

Tabela 10 - Descrição nos quatro estados da percepção de patologias e distúrbios metabólicos frequentes, relatada no questionário realizado nas 53 fazendas amostradas.

	Hipocalcemia clínica (%)	Retenção de placenta (%)	Metrite (%)	Deslocamento de abomaso (%)
Minas Gerais	70 (7/10)	100 (10/10)	100 (10/10)	50 (5/10)
São Paulo	17 (1/6)	83 (5/6)	83 (5/6)	66 (4/6)
Paraná	50 (9/18)	89 (16/18)	94 (17/18)	50 (9/18)
Santa Catarina	31,6 (6/19)	73,7 (14/19)	79 (15/19)	42 (8/19)

Há relatos de deslocamento de abomaso em todas as regiões amostradas. Como esse quadro clínico tem ocorrência multifatorial, ligada principalmente a problemas metabólicos e de manejo nutricional, as variáveis aqui avaliadas não nos permitem correlacioná-las com as causas desses problemas.

A hipocalcemia clínica foi mencionada em todas as regiões, com predominância nas fazendas de Minas Gerais, seguida pelo Paraná, Santa Catarina

e com poucos relatos em São Paulo. Contudo, a avaliação subjetiva mediante questionário não permite concluir sobre a prevalência ou incidência dessa patologia.

Quanto a presença da hipocalcemia em rebanhos descrita por diversos autores (Tabela 1), tem aumentado nas últimas décadas principalmente devido ao aumento da produção. Para ORTOLANI (2009), nos rebanhos leiteiros brasileiros a incidência dessa enfermidade varia de 0,5% a 5% dependendo do manejo e da manutenção de vacas velhas no rebanho.

4.2.2 Composição Bromatológica das forragens e DCAD

A composição bromatológica dos alimentos volumosos foi agrupada de acordo com a forma de uso e método de conservação, e está apresentada na Tabela 11. Através dos resultados bromatológicos, calculou-se a DCAD média de cada grupo das forragens para cada estado e a média geral por grupo.

Tabela 11 - Composição mineral média (% da MS) dos volumosos das dietas com seus desvios padrão e resultados da DCAD de cada grupo de alimentos nos quatro estados amostrados.

	Silagem de milho	Fenos e palhas	Silagem ¹ de gramíneas	Pastagem verde
Número amostras	51	23	06	13
Matéria Seca (%)	34,7±5,2 ²	86,0±2,4	36,9±7,9	23,6±3,0
Cinzas	3,7±1,0	6,6±2,1	7,6±3,3	10,4±1,1
Cloro	0,4±0,1	0,8±0,4	1,0±0,5	1,0±0,2
Potássio	0,8±0,2	1,3±0,5	1,5±0,5	1,5±0,4
Enxofre	0,07±0,04	0,2±0,1	0,1±0,05	0,2±0,1
Sódio	0,01±0,01	0,03±0,03	0,05±0,05	0,04±0,01
DCAD (mEq/100 g de MS)				
Minas Gerais	5,0±5,3	-5,2±10,0	0,5±0,0	-12,5±0,0
São Paulo	1,4±2,8	-	-	-8,2±8,0
Paraná	4,1±3,8	-3,3±7,0	-0,3±14,7	-17,0±0,0
Santa Catarina	6,6±5,0	8,2±10,8	14,2±0,4	2,7±5,6
Média	4,9	1,4	4,7	-3,3

¹Aveia, azevém

²Desvio Padrão

Na composição mineral dos quatro grupos de forragens amostrados, as concentrações médias do K e do S foram menores, enquanto que para o Cl, maiores, quando comparados aos dados do NRC (2001). Essas variações

bromatológicas das forragens se mostraram importantes, especialmente quando se selecionam seus valores nutricionais para o cálculo das dietas no período de pré-parto.

Dessa forma, torna-se importante então, a utilização de dados bromatológicos da fazenda ou da região onde está localizada. Para GOFF (2006), deve-se analisar rotineiramente tanto o K como o Cl em plantas forrageiras destinadas para vacas secas no final da gestação. Embora sendo o Na um cátion considerado nas equações da DCAD, as forragens pouco contribuem com esse elemento no balanço iônico das dietas.

A silagem de milho, principal volumoso de 51 fazendas (Tabela 11), apresentou os valores médios dos minerais semelhantes aos descritos no capítulo 1 dessa dissertação (Tabela 3 do item 3.2). Porém diferem, principalmente para o K quando comparado aos valores descritos pelo NRC (2001) e CQBAL (VALADARES FILHO, 2012) com os valores 1,2 e 1,03 % da MS consecutivamente. Pela importância desse volumoso na composição da DCAD em dietas no período do pré-parto, torna-se importante o seu monitoramento, visto que neste trabalho apresentou uma amplitude de -3,45 a 17,62 mEq/100 g de MS.

Nas pastagens verdes e conservadas através de silagem, estão os maiores valores para o K, S, Cl. A menor DCAD do grupo das pastagens verdes se deu pela diferença na composição dos elementos químicos, principalmente o valor médio do Cl (1,0%) e S (0,2%), com aproximadamente o dobro da concentração das silagens de milho com 0,4% e 0,07% da MS consecutivamente. Essas pastagens, quando consumidas pelos animais no período pré-parto, requerem um aumento na inclusão de sais aniônicos em suas dietas, caso contrário, podem elevar a ocorrência da hipocalcemia, em acordo com o descrito nos trabalhos de RAMOS-NIEVES et al. (2009), RÉRAT et al. (2009) e SWIFT et al. (2007). Esses dados demonstram que são áreas onde possivelmente houve menor aporte de fertilizante químico ou orgânica do solo, já que segundo GOFF (2006) quando há fertilização, que normalmente contém grandes quantidades de K e quantidades relativamente pequenas de Cl, contribui para tornar as gramíneas fortemente catiônicas. Outro ponto a ser considerado é que são áreas que normalmente são permanentemente utilizadas pela categoria de vacas no pré-parto, recebendo então dejetos resultantes de dietas aniônicas indicadas para esse período, com valores mais altos para o Cl e S. A maior DCAD dessas forragens é uma condição favorável para o melhor

desempenho de vacas em lactação (SANCHEZ et al., 1994), mas pode aumentar os riscos de hipocalcemia para os animais no período pré-parto (GOFF e HORST, 1997).

4.2.3 Dietas calculadas e DCAD

A DCAD média calculada das fazendas foi de -15,5 mEq/100g de MS, com efeito positivo sobre o Ca ($r=0,30$; $P<0,05$), mas sem significância para o Ca^{++} . Esses dados diferem de vários trabalhos, como os encontrados na metanálise feita por CHARBONNEAU et al. (2006), que verificaram o efeito da DCAD sobre o Ca e Ca^{++} com magnitude de variação muito próximas. No entanto SANCHEZ (1999) relata que o nível do Ca sérico é altamente variável, pouco responsivo e de baixa correlação com a DCAD. Já o Ca^{++} é menos variável e muito responsivo à DCAD. Em outra situação, LEITE et al. (2003), em experimento com três dietas apresentando as DCAD de 12,21, -0,88 e -11,0 mEq/100 g de MS, não encontraram diferença entre o Ca^{++} e Ca dos animais que consumiram as diferentes dietas.

Tabela 12 - Teores de cloro (Cl), potássio (K), enxofre (S), sódio (Na) e DCAD médios das dietas em 53 fazendas de quatro estados do Brasil.

	DCAD ¹	Cl	K	S	Na
MINAS GERAIS	-11,55 ($\pm 3,8$) ²	0,69	0,92	0,32	0,10
SÃO PAULO	-10,63 ($\pm 5,6$)	0,53	0,87	0,34	0,08
PARANÁ	-12,99 ($\pm 12,4$)	0,76	0,87	0,29	0,09
SANTA CATARINA	-21,52 ($\pm 12,9$)	0,96	0,88	0,33	0,08

¹DCAD– Diferença catiônica e aniônica da dieta

²Desvio Padrão.

Para avaliação do efeito das fontes aniônicas utilizadas nas dietas das 50 das 53 fazendas amostradas, substituímos os volumes de sal e as rações aniônicas, por igual volume de um sal e ração comercial conhecidos e não aniônicos, mantendo-se todos os demais ingredientes. Os valor médio estimado para essas dietas foi 5,85 mEq/100g de MS, tendo uma variação entre -5,65 a 16,34 mEq/100 g de MS, enquanto para a dieta com sal aniônico a média foi de -15,08 mEq/100 g de

MS. Outra evidência da eficiência do uso de sais aniônicos se dá na diferença entre os valores de pH de urina médios entre as fazendas que os utilizam (6,98), em comparação às que não os utilizam (8,38). Isso demonstra que realmente o uso de fontes aniônicas efetivamente alterou a DCAD das dietas nas fazendas amostradas, o que também é descrito por GOFF (2006), CHARBONNEAU et al. (2006) e CORBELLINI (1998).

Pode-se destacar a DCAD média das fazendas em Santa Catarina, como a mais aniônica entre os estados avaliados (Tabela 12). Nesse Estado todas utilizam sal aniônico, com variação na DCAD de - 45,31 a -4,33 e média de -21,52 mEq/100 g de MS. Os valores maiores nas dietas para os ânions (Cl e S) e menor para os cátions, principalmente o K, são os principais responsáveis por esse DCAD fortemente negativo.

4.2.4 Avaliação de pH de urina

Grande variação foi observada no pH de urina dos 399 animais no período pré-parto (Tabela 13), o que demonstra a heterogeneidade entre regiões, fazendas e animais.

Tabela 13 - Valores de pH de urina de 399 vacas no período pré-parto, em quatro estados do Brasil.

	Nº de animais	Média	DP	Mínimo	Máximo
MINAS GERAIS	85	6,80 ^{ab}	0,96	5,04	8,38
PARANÁ	107	7,17 ^a	1,13	5,24	8,76
SÃO PAULO	62	6,28 ^b	0,72	5,02	8,21
SANTA CATARINA	129	7,42 ^a	1,11	5,32	8,80

¹Médias seguidas por letra diferente na coluna são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

O sal aniônico era consumido por 382 animais (50 fazendas) enquanto que em três fazendas (17 animais) não era fornecido como rotina. A diferença de pH médio de urina entre esses dois grupos foi de 6,98 e 8,38 respectivamente. Esses valores são esperados para as duas situações, sendo que segundo GOFF (2009) o pH de urina de animais alimentados com dietas catiônicas se encontra acima de 8,2.

Entre os animais que consumiram dietas com sal aniônico (Figura 1), 195 (51%) apresentaram o pH da urina abaixo de 7,0. Porém houve extremos, abaixo de 5,5 e acima de 8,5, em 28 (7,3%) e 26 (6,8%) animais, respectivamente. Considerando os parâmetros estabelecidos por GOFF (2009), 34% estão abaixo, 54% acima e apenas 12% dos animais estão dentro dos limites recomendados para o pH da urina, entre 6,2 e 6,8 para a raça holandesa e 5,8 a 6,3 para a raça Jersey.

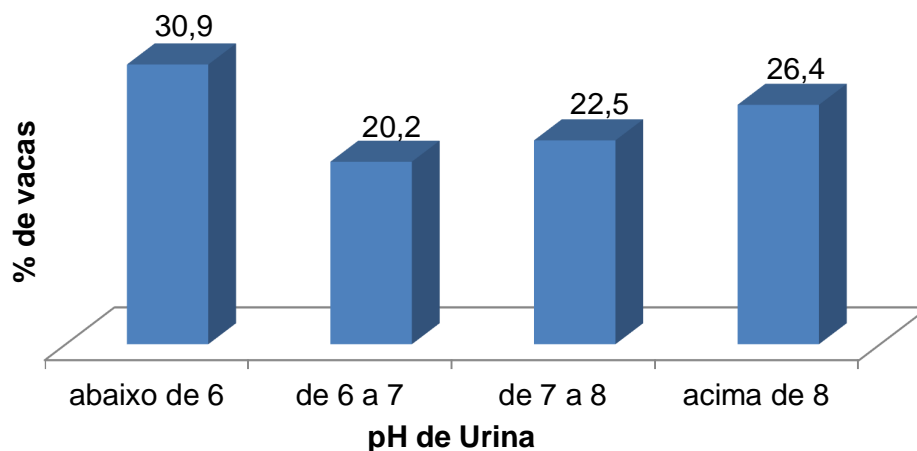


Figura 1 - Distribuição de pH dos 383 animais, de 50 fazendas que utilizam sal aniônico, amostrados nos quatro estados brasileiros.

As possíveis explicações para essa oscilação estão relacionadas com o desafio proporcionado pela dieta: na quantidade de inclusão, número e tempo das refeições, consumo individual e efeito da dominância dentro do grupo. CHARBONNEAU et al. (2006) concluíram que o pH da urina e a DCAD devem ficar próximos de 7,0 e 0,0 mEq/100 g para que se obtenha uma incidência de apenas 3,2% de hipocalcemia clínica. Quando se reduz o pH da urina para 6,2, seria necessário uma DCAD de -15 mEq/100 g, para uma redução de apenas 0,4 unidades percentuais na incidência da hipocalcemia clínica, o que, segundo os autores, é muito baixo para o desafio a que seriam submetidos os animais.

Quando comparada a ordem de parição, não houve diferença estatística do pH de urina entre nulíparas (6,98), primíparas (7,08) e múltíparas (6,90).

4.2.5 Avaliação de Ca, Ca⁺⁺ no soro sanguíneo

Foram realizadas coletas de sangue de 316 vacas com até 10 dias de paridas, onde a proporção observada entre o Ca e Ca⁺⁺ foi de 56%, muito próximo dos valores descritos por DUKES (1996) e SANTOS (2006), de 45 a 50% e 50 a 55% respectivamente, estando o valor restante ligado a proteínas plasmáticas ou complexado.

Foi verificada baixa correlação entre os níveis séricos de Ca e Ca⁺⁺ ($r=0,16$; $P<0,01$), (Figura 2), evidenciando a grande complexidade da bioquímica sérica dos animais. TAURIAINEN (2003) utilizou dois níveis de DCAD (25,4 e -4,1 mEq/100 g) e não observou alteração nas concentrações do Ca e Ca⁺⁺. Da mesma forma GAYNOR et al. (1989) avaliaram três tratamentos com diferentes DCAD (2,2, 6,0 e 12,6 mEq/100 g) e não observaram variações para o cálcio sérico. A baixa correlação entre o Ca e Ca⁺⁺ também foi observada em porcas gestantes (ALEXANDRE et al., 2005). No trabalho de BIENZLE et al. (1993), a correlação encontrada foi de $r= 0,80$ em um estudo com 141 vacas Holandesas, clinicamente normais. Esses autores afirmam que alterações eletrolíticas e ácido-básicas através de alteração de pH, têm grande impacto sobre os valores do Ca⁺⁺, interferindo na ligação deste com as proteínas plasmáticas, o que altera a relação e a correlação entre as duas formas de cálcio sérico.

A falta de correlação entre o Ca com a DCAD foi observada também por LEITE et al. (2003), em experimento com três diferentes DCAD. Essa ausência de correlação difere de outros trabalhos, como o de LECLERC e BLOCK (1989), que descrevem uma correlação negativa no periparto em três momentos: -48 h ($r= -0,47$), 0 h ($r= -0,55$) e 12 h ($r= -0,59$) do parto. OETZEL et al. (1988) relataram diferença significativa para o Ca no dia do parto. BLOCK (1984) obteve maior concentração plasmática de Ca com dieta aniônica para vacas no pré-parto, quando comparou duas dietas com DCAD de 33,0 e -12,8 mEq/100 g. GOFF et al. (1991) utilizaram dieta aniônica e observaram maior concentração de Ca no sangue. SANCHEZ (1999) observou que os níveis de Ca do soro tiveram grande variação, com pouca sensibilidade, não correlacionando-se bem com a manipulação da DCAD. Já para o Ca⁺⁺, a variação nos resultados foi menor, mostrando ser muito mais responsivo à DCAD.

Das 316 amostras séricas analisadas neste estudo, a calcemia dos animais foi estratificada, tomando-se como referência somente os parâmetros bioquímicos séricos (Tabela 14), sem exame clínico confirmatório. Desta forma, os animais foram classificados com hipocalcemia subclínica para Ca^{++} e Ca em 55,4% (175) e 45,9% (145) das análises; hipocalcemia clínica em 3,2% (10) e 3,5% (11), respectivamente.

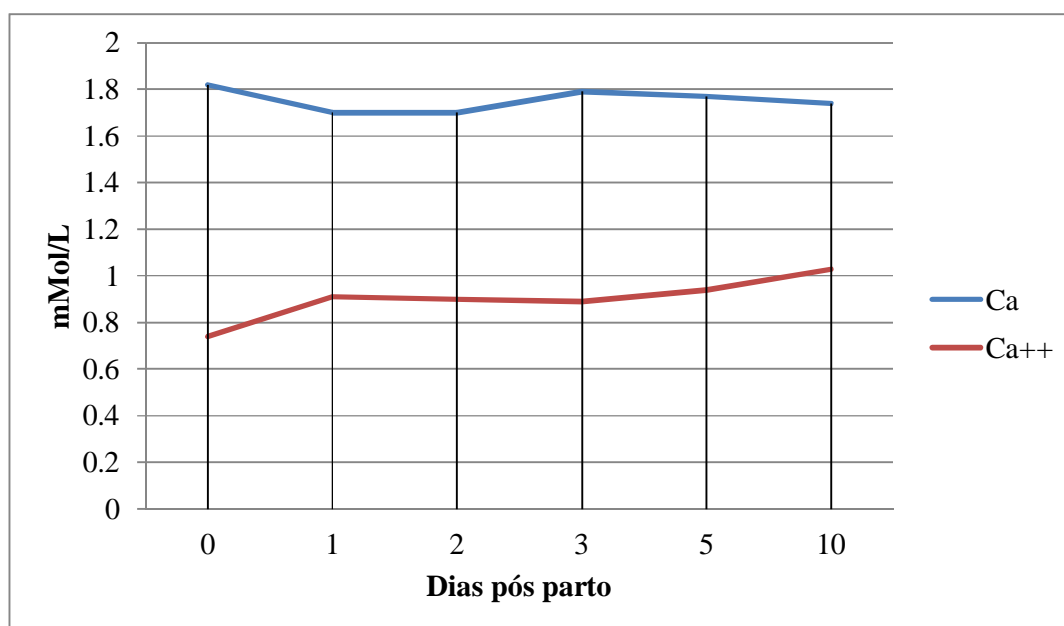


Figura 2. Distribuição dos valores médios de Ca e Ca^{++} , nos dias 0, 1, 2, 3, 5 e 10 pós-parto na data de colheita, de animais das 50 fazendas que utilizam sal aniônico.

Esses dados são compatíveis com os descritos por MOORE et al. (2000), onde em vacas multíparas de 3 rebanhos nos Estados Unidos (EUA) o índice de hipocalcemia subclínica e clínica foi 70% e de 8% respectivamente. SANTOS (2013) verificou em fazendas na Flórida e no Colorado (EUA) que 75% das vacas de alta produção foram acometidas por hipocalcemia. HORST et al. (2003), com base em levantamentos neste mesmo país, sugerem que cerca de 5% das vacas leiteiras apresentam hipocalcemia clínica no pós-parto e 50% das vacas mais velhas apresentam hipocalcemia subclínica. Segundo HUTJENS (2003) mais de 60% das vacas podem ter hipocalcemia. Na Nova Zelândia, em sistema de pastejo, 33% das vacas apresentaram hipocalcemia subclínica e 5% hipocalcemia clínica (ROCHE,

2003). No Brasil, entre 0,5 e 5,0% das vacas podem apresentar a afecção (ORTOLANI, 1995). Os dados de pesquisas de alguns autores têm sugerido de que todas as vacas vivenciarão algum grau de hipocalcemia ao parto e nos três dias subsequentes (SANTOS, 1998; LeBLANC, 2012).

Não foram observadas correlações significativas entre o número de lactações e a calcemia, havendo tendência de correlação negativa entre o maior número de partos e os valores de cálcio. QUIROZ-ROCHA et al. (2009) verificaram menor concentração de cálcio sérico em vacas no pré-parto de segunda e terceira cria, em comparação com primíparas. Para o pós-parto, a concentração de cálcio sérico foi menor nas múltíparas com 3 ou mais partos comparado com as de segundo parto, e ambas em comparação com as primíparas

Tabela 14 - Distribuição da calcemia através da mensuração do Ca e Ca⁺⁺, em animais até 10 dias após a parição.

	Normocalcemia	Hipocalcemia Subclínica.	Hipocalcemia Clínica.	
	Ca			
	> 1,8 mmol/L	1,25 a 1,8 mmol/L	< 1,25 mmol/L	TOTAL
Primiparas	64 (55,2) ¹	47 (40,5)	5 (4,3)	116
2 partos	31 (49,2)	30 (47,6)	2 (3,2)	63
>2 partos	65 (47,4)	68 (49,6)	4 (3,0)	137
MÉDIA	160 (50,6)	145 (45,9)	11 (3,5)	316
	Ca ⁺⁺			
	> 1,0 mmol/L	1,0 a 0,7 mmol/L	< 0,7 mmol/L	TOTAL
Novilhas	55 (47,4) ¹	57 (49,1)	4 (3,5)	116
2 partos	24 (38,0)	37 (58,8)	2 (3,2)	63
>2 partos	52 (38,0)	81 (59,1)	4 (2,9)	137
MÉDIA	131 (41,4)	175 (55,4)	10 (3,2)	316

¹Percentual.

Houve correlação positiva ($r=0,26$; $P<0,01$) entre o nível sérico de Ca⁺⁺ e número de dias pós-parto, indicando que a elevação dos valores de Ca⁺⁺ se dá com o passar dos dias pós-parto. Essa relação não foi verdadeira para o Ca. LINCOLN e LANE (1990) concluíram que o cálcio iônico é melhor indicador do estado clínico e funcional do metabolismo de cálcio, ao observarem que uma vaca com recidiva de paresia puerperal tinha concentração de cálcio sérico total normal e concentração de cálcio iônico compatível com o quadro de hipocalcemia. Os resultados do presente trabalho corroboram a afirmação feita por esses autores, mostrando que a aferição

de Ca^{++} é uma análise que apresenta maior acurácia no diagnóstico de hipocalcemia do que o Ca.

4.2.6 Avaliação de K e Na no soro sanguíneo

Das 316 amostras de soro coletadas, 283 foram analisadas também para níveis de K e Na, com valores médios de 4,43 (mín. 2,54 e máx. 5,97; DP 0,52) e 139,11 mmol/L (mín. 106,4 e máx. 171,3; DP 6,63). Segundo KANECO (2008) os valores fisiológicos para o K e Na são de 3,9 – 5,8 (4,8) e 132 – 152 (142) mmol/L. Esse autor afirma que a interpretação correta da concentração sérica de potássio e do sódio requer um conhecimento do provável consumo e de perdas excessivas (ex.: diarreias), bem como o status da função renal e equilíbrio ácido-básico. Os rins têm como função manter esse equilíbrio, principalmente pela excreção da maior parte do H^+ na acidose e HCO_3^- na alcalose, mantendo a eletroneutralidade.

Avaliando o efeito de quatro dietas catiônicas em vacas multiparas holandesas em pós pico de lactação, CORREA et al. (2005) verificaram valores séricos médios de Na e K, de 139,1 e 3,98 mmol/L, respectivamente, sem diferença estatística entre os tratamentos. GOMIDE et al (2004), também testaram o efeito de quatro dietas catiônicas em ovinos machos inteiros com idade de 12 meses, e verificaram efeito linear do aumento da DCAD sobre os níveis de Na, sem efeito estatístico para o K. Efeito similar foi encontrado nos trabalhos de SANCHEZ et al. (1994) e ERDMAN et al (1980). Porém, GAYNOR et al. (1989) e TUCKER et al. (1991) utilizaram dietas catiônicas e aniônicas em vacas leiteiras, sem encontrar diferenças na concentração de Na e K séricos.

Foram verificadas correlações positivas entre o K e Ca ($r = 0,12$; $P < 0,05$), também com Ca^{++} ($r = 0,19$; $P < 0,01$) e de Ca^{++} e Na ($r = 0,19$; $P < 0,01$). Não foram encontradas referências na literatura que sustentem possíveis hipóteses para explicar essas correlações.

4.2.7 Água de bebida no pré-parto

Segundo o NRC (2001) a disponibilidade e qualidade da água são importantes para a saúde e desempenho produtivo dos animais. Um dos pontos a ser observado na água de bebida é a salinidade, que tem forte influência da concentração de cloreto de sódio, sulfatos, magnésio, cálcio, e em concentrações mais baixas o ferro, potássio, carbonato, fósforo, boro e flúor.

Os constituintes minerais na água de bebida dos animais normalmente são negligenciados na formulação de dietas para vacas leiteiras. Alguns trabalhos, como o de CASPER et al. (2001) levantam a hipótese de que dependendo dos níveis dos principais elementos (K, Cl, S e Na) nela contidos, pode haver contribuição significativa desses minerais, com alteração da DCAD da água e no balanço eletrolítico dos animais. Para o NRC (2001), essa diferença de DCAD está intimamente ligada a presença de cloretos e sulfatos que têm capacidade de diminuir o consumo de água e a produção de leite.

Os valores médios das amostras coletadas das 53 fazendas (Tabela 15), foram comparadas com os valores médios para o K, Na, Sulfatos e Cloretos, sendo 0,81, 8,49, 2,47, 1,39, para levantamentos realizados no Paraná (BUCHMANN FILHO, 2002) e 3,25, 106, 53, 83 nos EUA (CASTILHO e SANTOS, 2007). Ao analisarmos os três trabalhos, observa-se a proximidade dos valores médios entre os dois trabalhos brasileiros, e a diferença destes com o realizado na Califórnia, principalmente para o Na, Sulfatos e Cloretos, destacando ainda a amplitude entre os seus máximos e mínimos. As diferenças são observadas tanto entre regiões como entre fazendas da mesma região, dependendo da posição geográfica e influenciadas principalmente pelo tipo de solo e clima (CASPER, 2001).

Dentre os elementos químicos analisados na água, o K tem pouca variação e menor amplitude entre máximo e mínimo, quando comparado com os outros três elementos químicos. Segundo SCHERER (2004), a menor concentração desse elemento nas águas subterrâneas, se deve a menor mobilidade no solo, não sendo lixiviado com tanta facilidade como também é o caso do fósforo e zinco. Pela sua baixa concentração, os valores de K encontrados na água de bebida dos animais tornam-se irrelevantes tanto para o equilíbrio eletrolítico, como para contribuição às exigências diárias dos animais (CASTILHO e SANTOS, 2007; LINN et al., 2011).

Tabela 15 - Resultado das análises das amostras de água subterrânea das 53 fazendas leiteiras em quatro estados do Brasil.

	Levantamento mg/L	Máximo mg/L	Mínimo mg/L
Potássio ¹	1,78	6,80	0,20
Sódio ¹	3,84	15,90	0,10
DCAD ²	0,01		

¹Valores médios das 53 fazendas avaliadas;

²DCAD-Diferença cation-aniônica sobre os valores médios da água mEq/100 g de água

Os valores para sulfato e cloreto, 2,69 e 1,21 mg/L respectivamente, foram obtidos do CPRM (SIAGAS, 2013), através da média de 14 poços subterrâneos da região sudeste e sul do Brasil.

As concentrações médias de minerais encontradas na água das 53 fazendas são muito próximas aos dados levantados no Paraná (BUCHMANN FILHO, 2002), indicando pouca variação entre regiões, e seus teores não contribuem expressivamente para o balanço eletrolítico nem promovem reflexos na soma da DCAD da dieta.

4.3 CONCLUSÕES

Em todas as forragens houveram variações importantes nos valores de K, S e de Cl. Os valores do K foram maiores nas pastagens em se comparando com as silagens de milho, contudo, os valores elevados de Cl e S nessas pastagens reduziram seu efeito, tornando-as pouco catiônicas ou até no caso das forragens verdes aniônicas. Situação oposta para as silagens de milho, pela menor relação entre K e as concentrações de Cl e S, tornaram algumas amostras fortemente catiônicas e arriscadas para vacas no pré-parto.

A DCAD estimada das dietas foi influenciada pelo maior fornecimento de silagem de milho aos animais, com baixo consumo de pastagens verdes ou conservadas. A adição de sal aniônico nessas dietas tornou a DCAD média negativa, mas com variada resposta individual dos animais, aferida através do pH da urina. Essa resposta variada no pré-parto, refletiu na baixa resposta sérica observada para o Ca e Ca⁺⁺, com a presença de hipocalcemia subclínica em todos os rebanhos estudados.

A água usada nas fazendas apresenta composição pouco variável dos quatro principais minerais envolvidos no equilíbrio eletrolítico (K, Na, S e Cl), com valores baixos de DCAD, e pouca contribuição na dieta dos animais.

Para o monitoramento dos parâmetros bioquímicos dos animais no pós-parto, através da análise de calcemia, a análise de Ca^{++} foi mais sensível em relação ao Ca, com baixa correlação entre o Ca e Ca^{++} . No pré-parto, a aferição do pH de urina se mostrou eficiente na detecção do efeito do uso de sais aniônicos nas dietas, com boa correlação principalmente com o Ca^{++} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, A. A. C.; ALBERTON, G. C.; FILHO, L. A.; ROCHA, R. M. V. M. Níveis de cálcio sérico em porcas gestantes e em trabalho de parto. **Acta Sci. Anim.** v.27,n.3,p.333-339. 2005.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. Washington: AOAC. e.15., p.5., 1990.

BIENZLE, D.; JACOBS, R. M.; LUMSDEN, J. H. Relationship of serum total calcium to serum albumin in dogs, cats, horses and cattle. **Can. Vet. J.**,v.34, p.360-364, 1993.

BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. **J. Dairy Sci.**, v.67, n.12, p.2939-2945, 1984.

BUCHMANN FILHO, A. C.; ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C. et al. Aspectos da química da água subterrânea da formação Serra Geral no âmbito da bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR. **Anais**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis. 2002.

CASPER, D.; JONES, D.; AYANGBILE, G. Minerals in water can use fresh cow problems. **Hoard's Dairyman**. october. p.665. 2001.

CASTILHO, A. R. e SANTOS, J.E.P. Mineral balances, including in drinking water, estimated for Merced County dairy herds. **Califórnia Agriculture**. v.61, n.2. p.90 – 95. 2007. Disponível em:

<<http://ucce.ucdavis.edu/files/repositoryfiles/ca6102p90-69405.pdf>>

Acesso: 10/12/2012

CHARBONNEAU, E; PELLERIN, D.; OETZEL, G. R.. Impact of Lowering Dietary Cation-Anion Difference in Nonlactating Dairy Cows: A Meta-Analysis. **J. Dairy Sci.** v.89, p.537–548. 2006.

CORBELLINI, C.N. Etiopatogenia e controle de hipocalcemia hipomagnesemia em vacas leiteiras. **Anais** do Seminário Internacional Sobre Deficiências Minerais em Ruminantes. Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS. Brasil. 1998.

CORREA, L. B. ; ZANETTI, M. A. ; DEL CLARO, G. R. ; Paiva, F.A. ; ELMOR, L. D. . Influência de dietas catiônicas no desempenho de vacas em lactação. In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia. **Anais** da 42ª Reunião Anual da SBZ, 2005.

DUFFIELD, T.F. Subclínical ketosis in lactating dairy cows: metabolic disorders of ruminants. **Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**. v.16, p 231-256, 2000.

DUKES, H.H. “**Fisiologia dos Animais Domésticos**”, 11. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 840 p. 1996

ERDMAN, R. A.; HEMKEN, R. W.; BULL, L. S. Effects of dietary calcium and sodium on potassium requirements for lactating dairy cow. **J. Dairy Sci.** v.63, n.4, p. 538-544. 1980.

GAYNOR, P. J.; SANCHEZ, W.; MILLER, J. K.; RAMSEY, N. et al. Parturient Hypocalcemia in Jersey Cows Fed Alfalfa Haylage-based Diets with different Cation to anion Ratios. **J. Dairy Sci.** v.72, p.2525 -2531. 1989.

GOFF, J.P. Como controlar a febre do leite e outras desordens metabólicas relacionadas com macrominerais em vacas de leite. **Anais: XIII Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos.** Uberlândia. 267-275. 2009.

GOFF, J.P.. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. **An Feed Sci Tech.** v.126,p. 237–257. 2006.

GOFF, J.P., Mastitis and retained placenta – relationship to bovine immunology and nutrition. **Adv. Dairy Technol.** V.11, p.185-192. 1999.

GOFF, J. P.; HORST, R .L. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum ratios on milk fever in dairy cows. **J Dairy Sci**, Champaign, v.80, p.176-186, 1997.

GOFF, J. P.; HORST, R. L.; MUELLER, F.J.; MILLER, J. K. et al. Addition of chloride to a prepartal diet in cations increases 1,25-dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. **J. Dairy Sci.** v.74, n.11, p.3863 -3871. 1991.

GOMIDE, C. A.; ZANETTI, M. A.; PENTEADO, M. V. C.; CARRER, C. R. O.; DEL CLARO, G. R; SARAN NETTO, A. Diferença cátion-aniônica da dieta no balanço de sódio, potássio, cloro e enxofre em ovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, p. 373-378, 2004.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **J. Dairy Sci.** v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

HORST, R .L.; GOFF, J. P.; McCLUSKEY, B. J. Prevalence of subclinical hypocalcemia in US dairy operations. **J Dairy Sci**, Champaign, v. 86, p. 247, 2003.

HUTJENS, M. An Alternative to Metabolic Disorders; Looking at Hypocalcemia. **Dairy Decision Column.** February 18, 2003. Disponível em:
<<http://www.livestocktrail.uiuc.edu/uploads/dairynet/papers/DairyDecisionFeb03.pdf>>
Acesso em 03/05/2011.

JAWOR, P. E. et al. Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in Holstein cows. **J. Dairy Sci.** v.95, p.1240–1248. 2012.

LeBLANC, S. Monitoramento da Saúde Metabólica de Gado de Leite Durante o Período de Transição. XVI Curso Novos enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos. **Anais**. Uberlândia/MG. 2012.

LECLERC, H.; BLOCK, E. Effects of reducing dietary cation-anion balance for prepartum dairy cows with specific reference to hypocalcemic parturient paresis. **Can. Anim. Sci.** v.69, p.411-423. 1989.

LEITE, L. C.; ANDRIGUETTO, J. L.; De PAULA, M. C; ROCHA, R. M. V. M. Diferentes Balanços Catiônicos-Aniônicos da Dieta de Vacas da Raça Holandesa. **R. Bras. Zoot.**, v.32, n.5, p.1259-1265. 2003.

LINCOLN, S.D.; LANE, V.M. Serum ionized calcium concentration in clinically normal dairy cattle, and changes associate with calcium abnormalities. **J. Am. Vet. Med. Assoc.**, v.197, n. 11, 1990.

LINN, J. G.; RAETH-KNIGHT, M. L.; GOLOMBESKI, G. L. Trace Minerals in the Dry Period-Boosting Cow and Calf Health. **Adv. Dairy. Thecn.** v.23, p.271-286. 2011.

MOORE, S. J.; VANDEHAAR, M. J.; SHARMA, B. K.; PILBEAM, T. E. et al. Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. **J. Dairy Sci.**, n.83,p. 2095-2104, 2000.

NATIONAL RESEARCH CONCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC: 2001, 183 p.

OETZEL, G.R.; OLSON, J.D.; CURTIS, C.R. et al. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.71, n.12, p.3302-3309, 1988.

ORTOLANI, E. L. Aspectos clínicos, epidemiológicos e terapêuticos da hipocalcemia de vacas leiteiras. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.47, n.6, p.799-808, 1995.

ORTOLANI, E. L. Enfermidades no Período de Transição. 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/viewFile/7660/5433>>. Acesso: 01/05/2011.

QUIROZ-ROCHA, G. F.; LeBLANC, S. J.; DUFFIELD, T. F.;WOOD, et al. Reference limits for biochemical and hematological analytes of dairy cows one week before and one week after parturition. **Can Vet J.** v.50, p.383-388. 2009.

RAMOS-NIEVES, J. M.; THERING, B. J.; WALDRON, M. R.; JARDON, P. W.; OVERTON, T. R. Effects of anion supplementation to low-potassium prepartum diets on macromineral status and performance of periparturient dairy cows. **J. Dairy Sci.** v. 92, n.11, p.5677–5691. 2009.

RÉRAT, M; PHILIPP, A.; HESS, H. D.; LIESEGANGT, A. Effect of different potassium levels in hay on acid–base status and mineral balance in periparturient dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.92, p.6123–6133. 2009.

ROCHE, J.R., The incidence and control of hypocalcaemia in pasture-based systems. **Acta Vet. Scand.** V.97,p.141-144. 2003.

SANCHEZ, W. K. Another new look at DCAD for the prepartum dairy cow. **Mid-South Ruminant Nutrition Conference.** Dallas-Fort worth, TX. , p.70. 1999.

SANCHEZ, W. K.; BEEDE, D. K.; CORNELL, J. A. Interactions of sodium, potassium and chloride on lactation, acid-base status and mineral concentrations. **J. Dairy Sci.** v.77, n.6, p.1661-1675. 1994.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; DAMASCENO, J.C. MANEJO DA VACA LEITEIRA NO PERÍODO TRANSIÇÃO E INÍCIO DA LACTAÇÃO. 2013
Disponível em: <www.nupel.uem.br/pos-ppz/vacas-08-03.pdf>
Acesso: 01/02/2013.

SANTOS, J.E.P. Distúrbios Metabólicos. In: BERCHIELLI, T.T; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes.** Jaboticabal:Funep, p. 439 – 461. 2006.

SANTOS, J.E.P.; SANTOS, F.A.P. Novas estratégias no manejo e alimentação de vacas pré-parto. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 10., 1998, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba. p.165-214. 1998.

SAS. **SAS** user's guide for Windows environment. V. 9.1. SAS Inst. Inc. Cary, NC. USA. 2002.

SCHERER, E. E. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre. 10 ed., 400p. 2004.

SENGER, C. C. D; MÜHBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; NETTO, D. P.; LIMA, L. D. Composição química e digestibilidade “in vitro” de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural.** Santa Maria.v.35, n.6, p.1393-1399. 2005.

SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Ministério das Minas e Energia. Disponível em:
<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php>
Acesso em 16/02/2013.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV.. 235p. 2002.

SWIFT, M. L.; BITTMAN, S; HUNT, D. E; KOWALENKO, C. G. The Effect of Formulation and Amount of Potassium Fertilizer on Macromineral Concentration and Cation-Anion Difference in Tall Fescue. **J. Dairy. Sci,** v.90, n.3, p.1063-1072. 2007.

TAURIAINEN, S. Effect of anionic salts on some blood and urine minerals, acid- base balance and udder oedema of dry pregnant cows. **Agric. Food Sci. Finland.** v.12, n.5, p.83-93. 2003.

TUCKER, W. B.; HOGUE, J. F.; WATERMAN, D. F.; SWENSON, T. S. et al. Role of sulfur and chloride in dietary cation-anion balance equation for lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.** v.69, p.1205-1213, 1991.

VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al. CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos. Disponível em <www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 10/11/2012.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University. 476p. 1994.

WANG, C.; BEEDE, D. K.; Effects of ammonium chloride and sulfate on acid-base status and calcium metabolism of dry Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, n.3, p.820-828. 1992.

WILES, P. G.; GRAY, I. K.; KISSLING, R. C.; Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v.81, p.620-632, 1998

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os levantamentos realizados no presente trabalho, onde se avaliou nas forragens a concentração dos quatro principais macrominerais (K, Cl, S e Na), permitem concluir que as concentrações de cada elemento nas forragens é extremamente variável, e eles, podem apresentar efeitos na bioquímica dos animais, principalmente das vacas no período de pré-parto.

Todas as forragens amostradas (pastagem verde, ensilada, fenos e silagens de milho) exercem algum grau de desafio aos animais. Mesmo a silagem de milho, que é considerada entre os alimentos volumosos a mais indicada para vacas em pré-parto, apresentou resultados em seu equilíbrio cátion-aniônico semelhantes aos encontrados em pastagens verdes, que como medida preventiva são evitadas nesse período, visando principalmente a redução no consumo do elemento K, normalmente encontrado em concentrações mais elevadas nas pastagens do que na silagem de milho, conforme os resultados apresentados nesses trabalhos.

Na impossibilidade da restrição de algumas forragens com valores mais catiônicos, há a necessidade de se utilizar sais aniônicos, que pela sua baixa palatabilidade, são utilizados em doses controladas. O baixo consumo pelos animais, em algumas situações, não contrapõe a maior quantidade de cátions consumida das forragens. Esse desequilíbrio da dieta no pré-parto, promove uma resposta individual variada e predispõe às vacas a hipocalcemia clínica e subclínica.

Podemos concluir que pelo risco encontrado nas dietas analisadas, faz-se necessário um acompanhamento rotineiro da dieta dos animais do pré-parto, através da análise mineral dos concentrados, e principalmente das forragens. O uso de valores tabelados para estimativa da DCAD de dietas baseadas em forragem pode levar a grandes erros de predição. Esse trabalho deve ser complementado através do monitoramento rotineiro do pH da urina, que é prático, eficaz e de baixo custo.